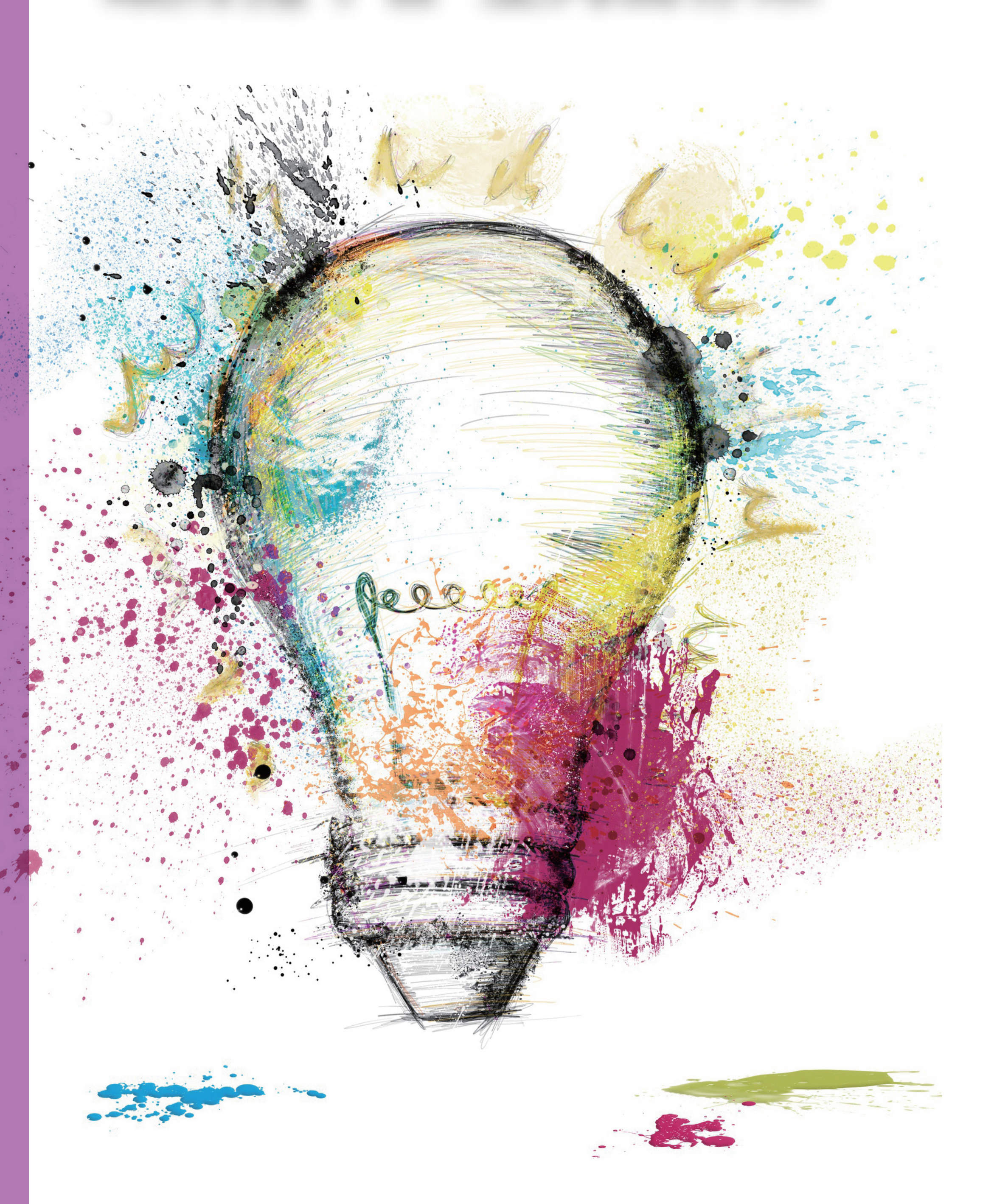
雙月刊

核能簡訊

NUCLEAR NEWSLETTER

NO. 154
2015 JUNE

未來的電哪裡來？
政府搭平台　主角由你來



下一代的電從何處來？

空氣污染+電力需求上升＝我們需要潔淨能源

美國乾式貯存設施

華盛頓郵報：這個世界不能閃躲核能

日本法院為川內核電廠重啟　清除路障

核能簡訊 NUCLEAR NEWSLETTER

NO.154 雙月刊

JUNE 中華民國一〇四年六月號

特別報導

專題報導

熱門話題

核災應變問與答

核能脈動

核能新聞

出版單位：財團法人核能資訊中心
地　　址：新竹市光復路二段一〇一號研發大樓208室
電　　話：（03）571-1808
傳　　真：（03）572-5461
網　　址：http://www.nicenter.org.tw
E-mail：nicenter@nicenter.org.tw
發 行 人：朱鐵吉
編輯委員：李四海、李清山、汪曉康、陳布燦、陳條宗、劉仁賢、謝牧謙、簡福添（依筆畫順序）
主　　編：朱鐵吉
文　　編：鍾玉娟、翁明琪、林庭安
執　　編：羅德禎
設計排版：長榮國際　文化事業本部
地　　址：台北市民生東路二段166號6樓
電　　話：02-2500-1175
製版印刷：長榮國際股份有限公司　印刷廠
行政院原子能委員會敬贈　廣告
台灣電力公司核能後端營運處敬贈　廣告

編者的話

往年夏天才出現的供電吃緊，今年已提早發生。5月初由於核一廠1號機尚未獲原能會同意重新啟動、核二廠1號機歲修，加上核三廠2號機發生火災意外，全台有一半的核電廠機組無法運轉發電，核能發電量共減損257萬瓩。另有火力發電廠興達3號機因事故停機，也無法順利發電，由於接下來全台氣溫節節高升，台灣限電危機風險隨之增高。

根據台電公司資料顯示，近日備轉容量率降至4%以下，已低於供電警戒線。只好啟動核一、核二廠內的緊急柴油發電機應急，以補充核能電力缺口，每天發電成本高達9,000萬元。目前台灣還未正式進入盛夏高溫的氣候型態，限電危機已迫在眉睫。

根據「非核家園」理想的目標，2025年時我們的電力來源將只剩火力發電與再生能源發電。2025年再生能源發電量與火力發電量加總後總發電量將為2,376億度，與預估電力需求的2,597億度相較，將有221億度的缺口。這還是理想的數字，如果儲能電池的技術跟不上腳步，再生能源發電占比無法達到預期的20%，屆時的電力缺口將高達398億度（p.6）。

因為〈穹頂之下〉這部紀錄片，PM2.5現在非常熱門，已成為網路搜尋的關鍵字。這種細懸浮微粒小到只有人體頭髮的1/28，連能抵擋SARS的醫療用N95口罩都無法完全隔絕。PM2.5易對呼吸道與心血管造成傷害，引發過敏、哮喘等各種呼吸道疾病，以及心律不整、心肌梗塞、腦血管疾病等心血管疾病；嚴重的話將引發心臟衰竭、腦出血性中風與肺癌等較不易治療的疾病，甚至早逝（p.1）。

目前我國沒有任何一個縣市符合國際衛生組織訂定的PM10與PM2.5年平均值標準，幾乎所有縣市都超過2倍甚至3倍以上。所以，現在小孩能不能出去戶外活動甚至還要先看「空污旗」的顏色。

現在我們隨時處在限電的危機之中，自己的電都不夠用了，下一代的電從哪裡來？如果因為廢核而增加火力發電，隨之而來爆量的PM2.5，又將帶給我們下一代什麼樣的生活環境？

未來電力哪裡來？
政府搭平台，主角由你來！

文・編輯室

經濟部5月8日宣布，將在國發會「公共政策網路參與平台」上新增「未來電力哪裡來？」議題討論區，並廣邀各界民眾上網討論，共同關心能源議題，並希望透過討論激起更多的創新想法與對策，以做為未來施政的參考。

經濟部於2014年9月起召開「全國能源會議」，歷經4個多月的討論後，全體大會於2015年1月27日圓滿落幕，作成158項共同意見及201項其他意見。然而，會中有許多涉及價值取捨的意見不一致，並未隨著會議的落幕而在社會上止息，仍有許多值得討論磨合的空間。

經濟部解釋，能源議題具複雜性與專業性，除涉及環境保護、產業發展與電力穩定，更與民眾生活息息相關。尤其是在因應未來國際政經、能源情勢變動，以及核四安檢後封存的電力供需不確定性等挑戰下，「未來電力哪裡來？」將在多元面向上深遠的影響國家未來的發展。

經濟部強調，政府絕對沒有既定的立場，對每一個上網討論的聲音都會誠心傾聽，期盼能透過公民參與的過程充分的與民眾交換意見。民眾可透過Facebook、Yahoo或是Google帳號登入「公共政策網路參與平台」（http://join.gov.tw/



公共政策網路參與平台

openup/）即可上網參與討論。

能源選擇對國家各層面未來發展影響深遠，為因應未來國際政治經濟、能源情勢變動及核四安檢後封存的電力供需不確定性等挑戰，行政院召開第4次全國能源會議，期望透過集思廣益，共同思考能源選擇，以確保國家能源安全、兼顧經濟發展、民生負擔及環境保護。

然而，在會議過程中仍出現許多因觀念認同差異而意見不一的情況，必須進一步討論與釐清。因此，經濟部能源局規劃於「公共政策網路參與平台」上，開放讓當初「欲罷不能」的民眾繼續進行討論，相信唯有客觀而完整地釐清利弊得失，並透過充分的討論，才能作出真正負責任的能源選擇。

本次討論議題仍延續全國能源會議的討論主軸，包含需求有效節流、供給穩定開源、環境低碳永續，並就各議題尚未形成共識的其他意見繼續進行討論。 民眾可以：

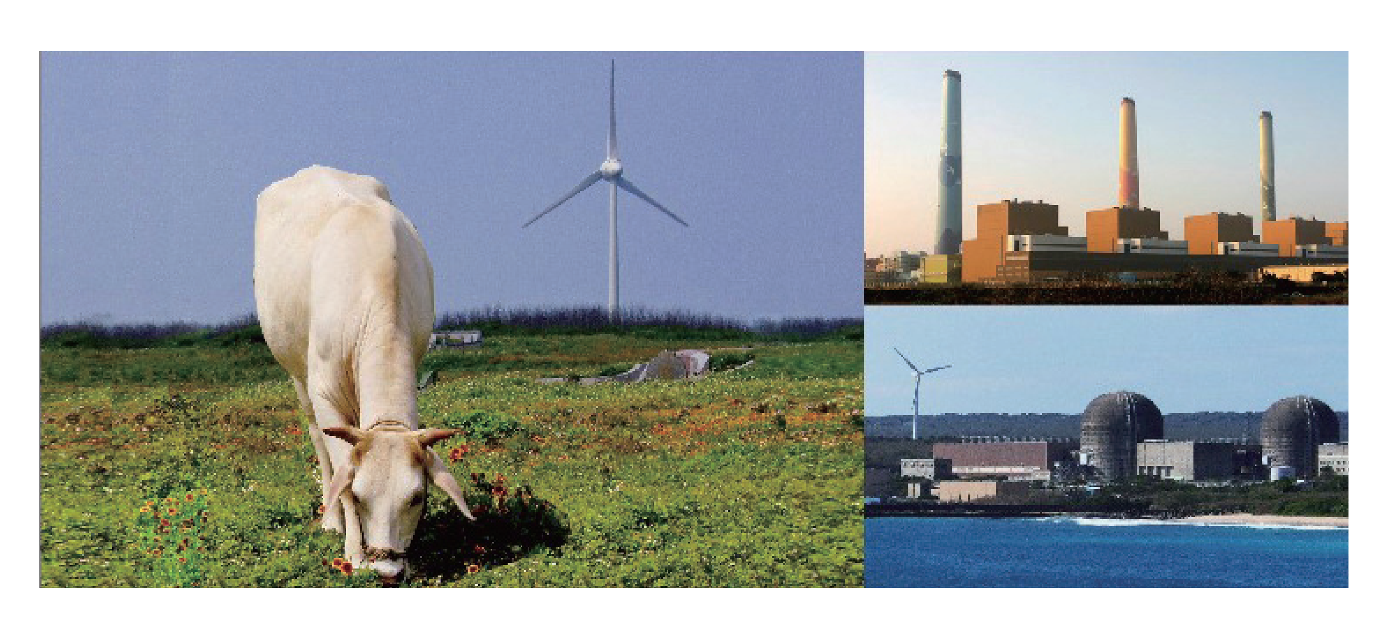
1.點選全國能源會議網站觀看總結報告及相關會議資料。
2.點選需求有效節流、供給穩定開源、環境低碳永續進入議題內容進行討論。
3.留言提供您的建議，或針對特定發言發表您的意見。
4.針對其他網友的留言表示支持或反對。

需求有效節流

一、討論議題：需求有效節流

二、尚未形成共識的議題爭議點，如：

1.進行產業結構調整是大家認同的方向，但有人認為應限制高耗能產業設廠，有人認為應逐步降低能源密集產業配比與補貼，另也有不應限制其發展但加速設備汰舊換新等意見，您的看法如何？
2.大家都認同電力公共事業應具推動節電的義務，但對於推動的前提，部分認為應在合理反映成本下進行；另也有在反映合理成本下進行，以及在合理反映有效成本下進行等歧異，您有何看法？
3.節約能源是未來政策重點，訂定國家節能目標也是全民共識，然而在執行上卻有不



同的想法。有的認為現有國家節能目標已足夠，部分則認為應制定推動達成目標的作法、目標與期程；也有人認為應強化公眾參與的聲音，您認為呢？

環境低碳永續

一、討論議題：環境低碳永續

二、尚未形成共識的議題爭議點，如：

1.全球氣候變遷已成事實，積極落實各項減碳措施為基本共識，但減碳措施包含哪些？有人認為核能發電可以減碳，但有人反對使用核能；有人認為應發展碳捕捉及與封存技術（CCS），但有人擔心碳封存的安全性；也有人提倡靠國際碳交易市場，您的看法是？

2.大家對於推動能源稅以合理反映能源使用的外部成本已有共識，但對於能源稅內容卻有不同看法。部分民眾認為應統合現行污染稅燃料、牌照、空污等，也有人認為應考量油氣類貨物稅；另有人認為應先評估能源稅對物價及油電價格的影響，您有何看法？



3.提升民眾氣候變遷認知已獲認同，有人主張應納入正規教育，也有人擔心氣候變遷認知的內容未釐清前不應納入，您有什麼想法？

供給穩定開源

一、討論議題：供給穩定開源

二、尚未形成共識的議題爭議點，如：

1.打造綠能低碳環境，積極發展再生能源已成為共識，然而部分民眾認為現階段再生能源發展在技術、成本上仍有限制；但也有人認為我國應以再生能源百分百為目標，您認為台灣再生能源開發上限多少為合理呢？

2.是否應繼續使用核能發電仍無共識，有人認為核廢料無法解決不應使用核電，但也有人認為核廢料並非無解而是政治議題；有人認為台灣多地震、海嘯，核電廠安全有疑慮；但也有人認為核電廠已經評估安全無虞且有足夠防災措施；您有什麼想法？

3.提供穩定電力，確保供電安全已獲共識，但到底備用容量率訂多少才算安全卻仍意見分歧。有人認為參考國際經驗，我國現行備用容量率標準尚屬合理；但有人認為現行標準太高是浪費資源；也有人認為應考量基載電源比例訂定，您的看法是？

歡迎民眾上網表達對上述議題的看法，共同為未來的能源政策盡一份心。

資料來源：

1.http://www.economic-news.tw/2015/05/discuss-future-energy-source.html

2.http://join.gov.tw/openup/policies/detail/e5106cbb-5538-4d83-9ef1-0f3be2493aa3

每種發電方式都有代價，你知道嗎？

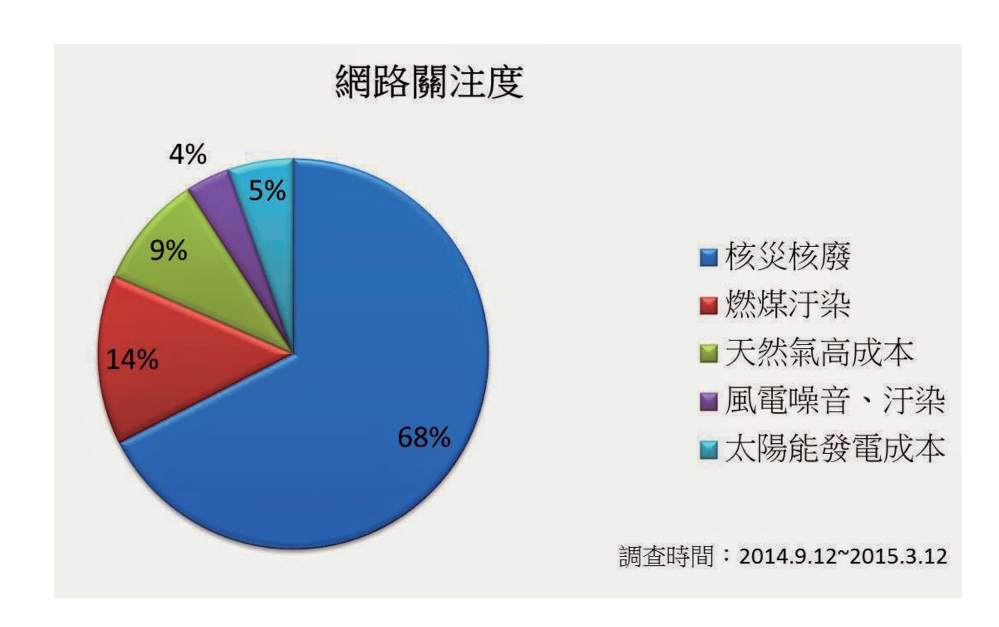
文‧編輯室

「日本311大地震」屆滿4周年，4年前發生在日本福島的那場災難，不只重創日本，也深深地影響了世界各國對核能發電的態度，甚至是能源政策。為了找出突破台灣未來能源困境的方法，今年1月舉辦的「全國能源會議」特別就以「未來電力從哪來？」為題，廣邀社會各界發表看法，其中也大大強化網路意見蒐集與開放網友討論。



▲ 圖片來源：台電公司

核能發電無疑是現今爭議最大的發





▲ 圖片來源：台電阿凱粉絲團　（原創人：ChinChieh Chang）

電方式，但很容易被大家忽略的是，其實任何的發電型態都有其代價與危險存在，很可惜的是，網路意見顯然高度的聚焦在核災風險、核安疑慮、核廢料處理上面，其他能源「代價」的關注與討論卻少之又少。

「網路關注度」這個圖表中的數據透露出一個訊息，那就是網友相當關注核災核廢料（68%）的結果，但這麼高的比例背後卻代表的是，網友很可能「忽略其他任何發電方式也都有其代價」這件事。火力發電（燃煤+燃氣）的龐大空汙代價，僅獲得23%的網友關注；風力發電的噪音與太陽能發電的高成本更只有不到5%的關注比例。

若是大家誤以為只有核電有風險跟代價，其他發電方式都沒有，就有點過於天真囉！網路插畫家「台電阿凱」就曾用簡單的圖表解釋各種能源的優缺點。

或許，訴諸大家對核災的恐懼的確是最快速、最有效的反核宣傳，在資訊流竄快速的網路世界裡能成功的搶奪眼球注意力。但作為公民社會的一份子，花個幾分鐘看完介紹各種發電方式的影片或資料，再來思考各種能源選擇的可能性，應該也不是太過分的要求吧！

資料來源：
http://www.economic-news.tw/2015/03/blog-post_14.html

下一代的電從何處來

文・葉宗洸

台灣沒有挑剔的權利

根據經濟部在甫落幕的「全國能源會議」中提供的資料，台灣地區有八成二的民眾，並不瞭解我國高達98%的能源經由進口而來。對於極度缺乏天然資源但經濟發展卻主要依賴出口貿易的台灣而言，這樣的調查結果，著實令人憂心。在民眾認知普遍不足且民粹論述當道的情況下，既有的能源選項不僅會逐步受到限縮，未來的能源開發也將注定陷入艱難的處境。在這個關鍵時刻，我們必須靜下心來務實地思考，到底要為下一代提供甚麼樣的未來？

由於電力產出是我國進口能源的大宗消費項目，本文將就我國未來的電力供給進行探討。在進入主題之前，必須進行以下的概念說明。首先，在計算全國的電力需求時，本文將以台灣電力公司的發購電量為基準，不考慮發電設施自用的電量與民間自發自用的電量，而前述的發購電量除台電公司本身的發電量，也同時納計自民營電廠或其他民間發電設施購入的電量。

裝置容量≠發電量

接著必須留意的是，各項發電設施均有各自的「裝置容量」，但此裝置容量並不能用來代表實際發電量，更具體的數據是將裝置容量乘上某一特定年度的「容量因數」後，才是該設施在當年度的發電量。

因此，若有裝置容量一樣大的太陽能發電機組與核電機組，在分別考慮較接近現況的14%與90%的年度容量因數後，便可發現每年太陽能發電量只有核能發電量的1/6不到。

最後，必須特別說明的是，水力發電可進一步區分為慣常水力發電與抽蓄水力發電，前者具備淨發電效益，後者因本身在儲水運轉時必須耗電，屬於支援性供電而不具淨發電效益，因而通常將兩者予以分別考量。

能源特性影響電力調度

其次，電源負載的分類也有加強說明的必要。一般而言，電源結構中必須有基載機組、中載機組及尖載機組等相互搭配，以維持電力供應過程中的供需一致。

簡單的說，一天24小時均須不停供應的為基載電源，我國的基載電力主要來自成本較低且能源安全度（存量）較高的燃煤發電與核能發電，但因兩者發電總和仍無法滿足基載需求，所以也以成本較高但少量的燃氣發電充當基載。中載電源必須可接受調度，於清晨時升載或併聯發電，於深夜用電離峰期間降載或解聯停止發電，適用的電源為燃氣發電。尖載電源必須具備快速起停的能力，可適時增加出力，滿足如盛夏午時的尖峰用電需求，通常以燃氣、燃油發電及抽



蓄水力發電為主。至於風力、太陽能及川流水力等發電方式受天候、季節、日照的影響，發電出力不穩定，在大規模儲能技術尚未開發成功之際，無法長時間連續供電，也無法配合調度，屬於間歇性能源，僅能做為小區域自發自用的補充電源。

過去10年，台電公司的發購電量從2004年的1,812億度上升至2013年的2,134億度，仔細檢視這段期間我國的經濟發展狀況，其實並不是很好，但整體的電力需求仍以每年平均1.65%的成長率增加。茲將我國2013年各種供電來源的裝置容量、容量因數、實際發電量及其發電占比整理於表1，本表另行計入環保署統計103年度全國大型垃圾焚化廠發電後的24.1億度售電量。根據表中資料，化石燃料（含燃煤、燃氣、燃油）的總發電量占比高達75.5%，核能發電的占比為18.6%，所有再生能源（含太陽能、風能、慣常水力、生質能）的發電量占比則為4.5%。

如何提昇再生能源發電量？

由於目前再生能源的發電占比相對偏低，因此在本次全國能源會議中，經濟部能源局特別就各項再生能源提出了發展潛力的分析。此外，根據本次會議的最新結論，再生能源的供電比率將由2013年的4.5%，在經技術可行的最大化發展後，於2025年提升至12%左右。其中也屬於再生能源的海洋能，因技術發展尚未成熟，未被列入考慮。能源局規畫中的做法如下：

1.太陽能發電：在全國15%的建築物屋頂及4%的嚴重地層下陷與污染地區設置後，裝置容量可由2013年的28.3萬瓩上升至620萬瓩。

2.陸域風力發電：排除住家環境及生態影響

敏感區域後的陸地均設置後，裝置容量可由2013年的61萬瓩上升至120萬瓩。

3.離岸風力發電：排除禁止開發區域範圍、航道、漁業權區、斷層帶、保育區、海底纜線，以及油氣管線等區域的海域均設置後，裝置容量由現在的0萬瓩成為300萬瓩。

4.慣常水力發電：裝置容量由現在的208.1萬瓩小幅度增加至220萬瓩。

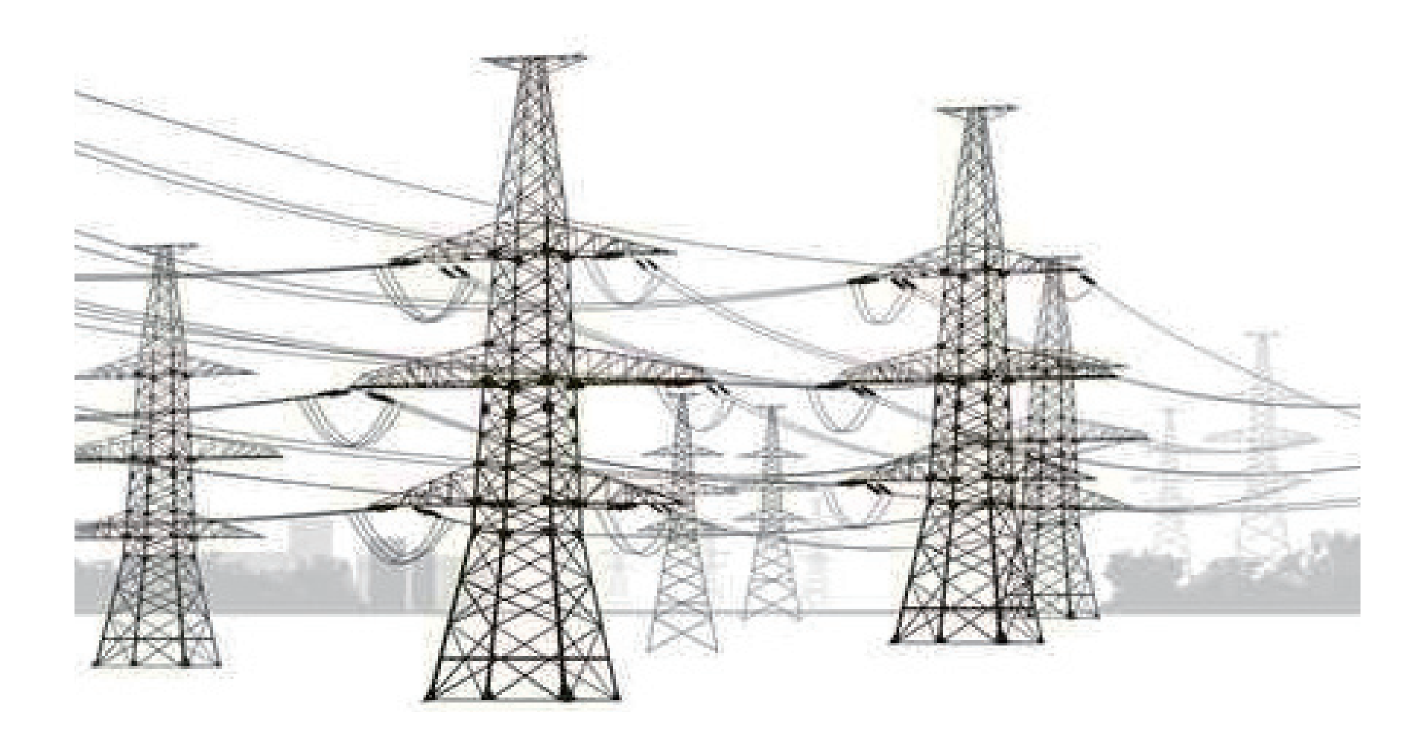
5.生質能發電：裝置容量由現在的74萬瓩增加至95萬瓩。

6.地熱發電：排除開發深度大於2,000公尺、坡度大於30%、高程大於1,000公尺及國家公園區域後，裝置容量由現在的0萬瓩成為20萬瓩。

暫且不論上述的發展目標是否均可達成，讓我們先假設再生能源發電確實在2025年達到供電比率12%的目標值。接著考慮兩種情境，一是假設屆時相關儲能技術均已發展成熟，因此太陽能發電與風力發電均可順利成為基、中載電源；二是假設屆時相關儲能技術均未完成，前述兩種能源還是只能擔任補充電源。接下來的問題是，若以前述1.65%的發購電量成長率計算，我國在2025年的電力需求將達2,597億度，預計較2013年增加463億度，而在「非核家園」的情況下，2025年時我國的電力來源將僅剩火力發電與再生能源發電。

火力發電+再生能源，電夠嗎？

首先檢視火力發電量的變化情形。依據台電公司《103年長期電源開發方案》，將於2014年至2025年退役的發電機組裝置容量為1,188萬瓩，同一期間如果林口、大林、通霄3座火力電廠順利完成更新擴建計畫，加上其他規劃中的台電公司發電廠，以及民營電廠也均能於2025年完工運轉，則新建機組的裝置容量將有1,737 萬瓩，兩者



相減後所增加的549萬瓩功率，在假設機組容量因數為90%的條件下，每年可多發433億度的電。火力發電在2013年的總發電量為1,629億度，2025年將因此增加為2,062億度。

接著考慮技術可行最大化發展後的再生能源發電。2013年的風力發電為16.2億度、太陽能發電為3億度、慣常水力發電為54億度、生質能發電為24.1億度，總發電量為97.3億度，占當年度全系統發電量的4.5%；2030年的風力發電將為111.5億度、太陽能發電將為65.7億度、慣常水力發電將為57.1億度、生質能發電將為30.9億度、地熱發電將為17.5億度，極大化後的再生能源總發電量將成為282.7億度，若再加上抽蓄水力可提供的31億度電，則總供電量可達313.7億度，占當年度預估電力需求的12.1%。

供電不足的窘境如何解決？

將再生能源發電量與火力發電量加總後，則2025年總發電量將為2,376億度，與2,597億度的預估電力需求相較，將有221億度的缺口，茲將相關資料整理於表2。不過，若是前述情境二中相關儲能技術均未完成的情況出現，屆時基、中、尖載的可用電量將短少來自風能與太陽能的177億度，也就是電力缺口將因而上升為398億度。這些數據顯示，腹地有限的台灣即使做到最大化發展，整體再生能源的電力供應依舊無法滿足未來的需求，然而供電不足的窘境究竟要如何解決？

我們可以注意到表1中的容量因數，除了燃氣、燃油與生質能有調整空間之外，其他能源的容量因數皆已達最大值，而受限於生質物與廢棄物的總量已趨飽和，生質能發電的容量因數很難有大幅增加的機會，燃油發電則因成本太高不予考慮。於是，我們只能將燃氣的容量因數調高，但此一動作的前提是必須要有足夠的天然氣可以使用，也就是天然氣接收站與儲氣設施必須隨之新增與擴充。

我國電力系統的備用容量率在2014年已降至14.7%，低於15%的目標值。就算把備用容量率調降至10%，並假設天然氣可以足量供應，每年的燃氣發電也僅能再增加125億度。接下來，不管是情境一的221億度缺口或是情境二的398億度缺口，除非是儘快擴建或新設燃煤及燃氣電廠，否則不用等到2025年，當核二廠1號機於2021年退役，不論再生能源是否已達到最大化發展，限電或缺電的情況便會出現。

高電價與高碳排 衝擊民生經濟

如此大的電力缺口，在排除污染性較高的燃煤後，如果全部依賴每度成本3.91元的燃氣發電補足，不僅電價勢必要大幅調漲，我國的人均排碳量也會因此而快速攀升。此外，面對全球性的碳稅課徵，這樣的電源使用配置，將直接衝擊到我國的國際貿易與經濟發展，屆時將不僅是高電價的負擔，還會有經濟層面的損失，例如企業外移、薪資凍漲與物價上揚等。

根據國際原子能總署最新的資料，全世界目前有31個國家正在使用核電，較2011年福島核能事故前的數量為高，有16個國家共69部核能機組正在興建中，在減碳與能源安全的考量下，使用核電仍是全世界電力供給的趨勢。因此，個人認為眼下較佳的出路，應是讓每度發電成本僅0.95元的核一、二、三廠延役，繼續提供每年400億度的電量；並讓未來每度發電成本2元的核四廠儘

表 1. 我國 2013 年各類能源的裝置容量與發電量比較表

類別	2013 年裝置容量（萬瓩）	2013 年容量因數	2013 年發電度數（億度）	2013 年發電量占比
燃煤	11,90.9	87.8%	916.0	42.44%
燃氣	1,521.7	49.7%	663.0	30.72%
燃油	333.6	17.1%	50.0	2.32%
核能	514.4	88.9%	400.8	18.57%
風能	61.0	30.3%	16.2	0.75%
太陽能	28.3	12.1%	3.0	0.14%
慣常水力	208.1	29.6%	54.0	2.50%
抽蓄水力	260.1	13.6%	31.0	1.44%
小　計	4,118.1		2,134.0	
生質能	74.0	36.3%	24.1	1.12%
總　計	**4,192.1**		**2,158.1**	**100.00%**

表 2. 我國 2013 年與 2025 年各類能源的發電量比較表

類別	2013 年發電度數（億度）	2025 年預估發電度數（億度）
火力	1629.0	2062.0
核能	400.8	0
風能＊	16.2	111.5*
太陽能＊	3.0	65.7*
慣常水力	54.0	57.1
抽蓄水力	31.0	31.0
生質能	24.1	30.9
地熱	0	17.5
總　計	2158.1	2375.7
2025 年預估用電量需求		**2597.0**

＊儲能技術未完成時，無法成為基、中、尖載電源。

速商轉，提供每年210億度的電量；同時也要加快再生能源最大化發展的腳步，積極研發儲能技術，冀望未來再生能源至少可擔任尖載或提供電力備用容量的角色。如此一來，在2025年來臨時，我們不但有足夠的電源供應全國的用電需求，也不會出現過高的電價，且在不額外新建火力或核能電廠的情況下，仍可保有一定的備用容量。

核電+再生能源=未來的電

過去幾年，台灣社會對於核電議題始終爭執不休，在新設電源開發不易的情況下，電力供給吃緊的現象正在逐漸惡化。然而，攸關國家未來發展甚鉅的全國能源會議卻在爭議不斷中結束，與會代表互不相讓的結果，導致我們所將面臨的嚴峻能源問題，依舊找不到有效的解決之道。個人衷心期盼，同樣出自於愛台灣的心，未來朝野與各民間團體能發揮智慧，摒棄意識形態，在理性和諧的氣氛下充分討論，然後告訴我們的孩子，他們未來的電從何處來！

（本文作者為清華大學工程與系統科學系主任）

能源的疑問

文・宮野 廣　譯・朱鐵吉

日本能源使用狀況

最新能源白皮書載明，2010年日本的人口為1億2,800萬，往後將會逐漸下降，預計2050年降至9,700萬人，屆時高齡化人口將占總人口的39%，能源消費型態則會產生很大的變化。日本人口為世界70億人中排名第10位，占比為1.8%，能源消費則為世界第5位，占比為3.7%，屬於能源消耗較多的國家之一。

另一方面，日本能源自給率一直落在世界排名第33位，僅6%。人口預估值若有變動，能源消費也將改變，隨著技術革新，產業型態則會產生變化，社會的進步創新也會影響能源的消費。

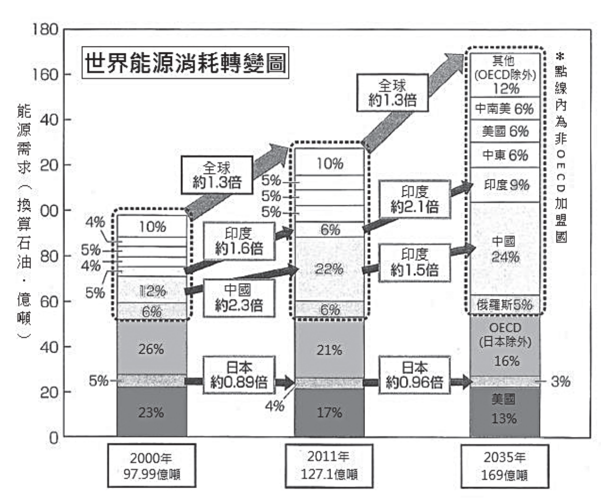
世界能源利用的趨勢

將所有能源的消費量換算為石油的話，全世界每年消費能源約120億噸石油，預估2050年達到200億噸。除此之外，人均能源消耗的世界平均值約為1.8噸。由於各國文明程度不同，消耗量也不同，西歐先進諸國平均每人約消耗8噸之多。因此，推動節能也有很大的變化，世界人口預計在2035年將達80億，能源消耗只會更多。

石油儲存量尚可開採53年，天然氣則有58年。現在人類使用的能源以化石燃料為大宗，問題是這種廉價能源並非取之不盡，無法永續供人類使用，況且產生的溫室氣體致使地球暖化更是問題的焦點。

環境的影響

導致地球暖化的溫室氣體二氧化碳，2013年排放318億噸至大氣中，如果不對排放加以管制的話，預計至2050年將達到560億噸。2000年排放量為300億噸，原本設定的削減目標為2050年降至130-240億噸，但卻無法達成。以目前全球的狀況，最受關心的議題是經濟低迷和恐怖行動，地球暖化的問題並沒有受到重視，預定削減溫室氣體排放無法達成，一再持續消耗大量的化石燃料反而造成溫室



資料來源：日本資源能源廳「能源白皮書2014」

氣體排放量大幅上升。

其結果，南北極圈內的溫度明顯上升、冰原減少，高山冰河節節後退；大氣中的熱平衡被破壞，氣流發生重大變化，打亂大氣原有的氣象規則，出現旱災、水災、強風、大規模的颱風等氣候異常現象。

技術創新的期待

技術創新如波浪般定期會出現，技術發明後的20-30年間為技術發展期，再過20-30年為成熟期，接著慢慢步入衰退期。之後新的技術又再出現，經濟活動也隨之改變；現代生活主要是藉由汽車、交通工業、軍事工業、農業技術、核能和半導體等發展的浪潮而成長繁榮。

第二次世界大戰後，因韓國的戰備需求，日本的輕重工業得以迅速復興發展。隨著世界對汽車的需求量大增，日本汽車工業大幅度進步，目前仍持續的成長。

汽車是1870年發明內燃機後創造的，百年來持續的技術創新而達到目前的成熟期；因技術一再的革新，已發展出電動汽車和燃料電池汽車，這種革新正處於發展期，未來會成功的廣泛使用。

1947年電晶體發明成功，迄今歷史雖不長但成長已一日千里。1960年創造的IC是現代電子機器的基礎，後來更發展出大容量且大型化的LSI、VLSI和ULSI等產品，由電腦對資訊處理的能力飛躍成長，已成為現代生活不可缺的一部分。

發電技術的革新

現代的產業、機器以及工業系統都必須依賴電力來運作。電力製造過程主要是使用鍋爐煮沸水產生蒸氣，蒸氣再推動渦輪機迴轉，連接發電機運轉而產生電力。火力或核能發電都是利用沸水產生蒸氣的能量轉換過程來發電：火力是燃燒天然氣或煤炭，使碳元素氧化成二氧化碳所產生的熱將水煮沸，產生水蒸氣；核能是利用鈾的核分裂反應產生熱將水煮沸，兩者均用水蒸氣使渦輪機運轉發電機來生產電力。水車和風車則是靠水力和風力直接使輪機旋轉，結合發電機來生產電力。渦輪機是歷史已久的基本工業技術，組合了發電機產生電力是在1850年代發展出來的，迄今已有100年以上的歷史。

近年來直接將太陽能轉換為電能的技術已被普遍使用，發動引擎使螺旋槳旋轉以及噴射引擎技術的發明也是近代的事。最近電動和燃料電池汽車的技術不斷創新，都是跨時代的創舉；而太陽能發電技術的持續進步，是再生能源的重要項目之一。

將來的願景

1800年代工業革命以來，由於技術不斷創新，促使社會進步，人類得以享受富足的生活。現在人類可以在一天之內於世界各地移動，這在古代是多麼難以想像的事，代表人類已創造極高水準的文明。但今後人口將持續增加，能源的消耗也只會越來越多，如何開創最新的技術，開發出取之不盡、用之不竭的潔淨能源，是各界眾所期盼的事。

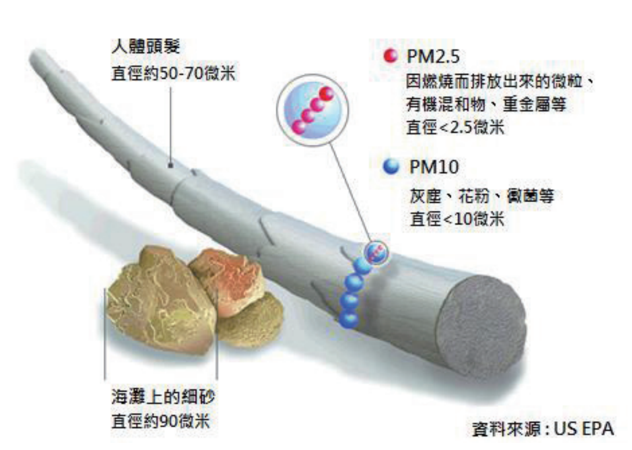
資料來源：
宮野　廣，“人とエネルギーを考える（最終回）－エネルギーは大丈夫か”
Energy Review April 2015: p.58-59

空氣汙染＋電力需求上升＝我們需要潔淨能源

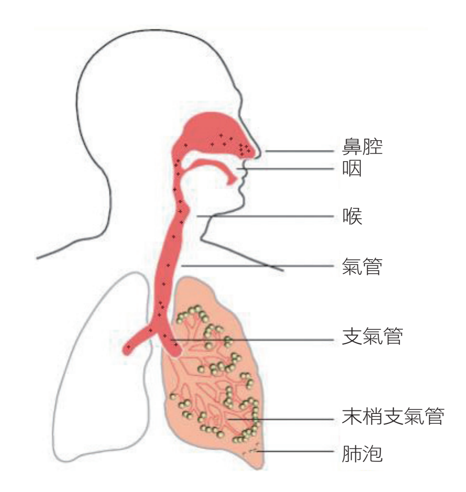
文・編輯室

搭上最近話題正熱的《穹頂之下》與PM2.5的順風車，加上海峽對岸的空氣汙染與霾害等，相信大多數生活在台灣的居民都會以為，台灣的空氣品質逐年下降主要是受中國大陸所影響；殊不知包括中國大陸的霾害在內，外來空氣汙染竟只占我國境內空汙的3成，剩下7成全部來自境內工業與交通廢氣排放。人口僅2,300萬的台灣，年度碳排放量竟排名高達全球第20位，民眾是否了解空氣汙染對人體的傷害程度之廣，政府是否仍要鴕鳥心態的來面對境內汙染對國家所造成的任何影響？

首先我們要先來了解懸浮微粒到底是什麼，懸浮微粒（particulate matter，簡稱PM）指因燃燒及工業生產過程所產生懸浮在空氣中的微粒物的通稱，是空氣汙染的主要來源之一。而直徑小於或等於10微米（μm）的懸浮粒子稱為「可吸入懸浮微粒」，亦稱PM10；直徑小於或等於2.5微米的懸浮粒子則稱為「細懸浮微粒」，即PM2.5，單位均以微克/立方公尺（μg/m³）來表示。



▲ PM2.5 的大小（圖片來源：美國環保署）



▲懸浮微粒沿著鼻腔進入氣管及肺部

2.5微米有多小？小到只有一根人體頭髮的1/28，連能抵擋SARS的醫療用N95口罩都無法完全隔絕。因為粒徑極小，懸浮微粒能在大氣中停留很長的時間，並隨著呼吸而進入人體內，積聚在氣管、肺部深處的肺泡區，甚至停留在血液

裡，易對呼吸道與心血管造成傷害，引發過敏、哮喘等各種呼吸道疾病，以及心律不整、心肌梗塞、腦血管疾病等心血管疾病；嚴重的話將引發心臟衰竭、腦出血性中風與肺癌（大多是肺腺癌）等較不易治療的疾病，甚至早逝。對年長者與小孩、患有呼吸道及心肺功能疾病等敏感族群影響甚大。

想不到PM2.5竟可引發全身性的疾病，呼吸道及心血管疾病經研究後已確認與PM2.5有直接的關聯性；還有待進一步確認的包括神經系統及行為疾病、代謝症侯群、糖尿病、腎臟病及生殖系統疾病等等。有研究顯示，PM2.5會使身體質量指數上升，亦會增加胰島素抵抗（即細胞對胰島素的反應不正常），導致糖尿病的發生。有研究顯示PM2.5也有可能與中樞

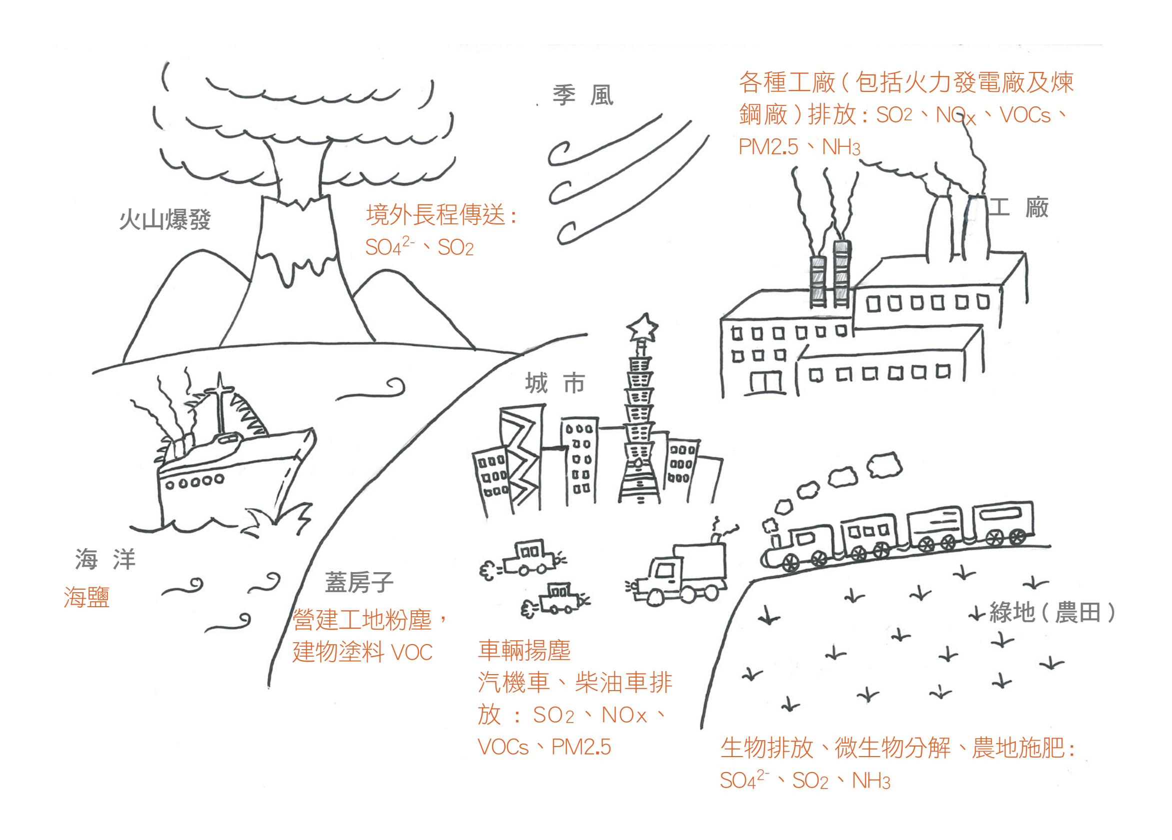
PM2.5 的健康危害

金字塔效應

死亡 Death
住院 Hospital Admissions
求診 Doctor visits
氣喘發作、用藥出現症狀 Asthma attacks, medication use, symptoms
肺功能改變、免疫反應、心率變異反應 Lung function changes, immune cell responses, heart rate or heart rate variability responses
嚴重程度
受影響之人口比例

暴露在空氣污染的環境下，使人體健康不斷提高疾病及死亡的風險

圖片來源：國立中山大學環境工程研究所，袁中新教授



神經的退化性疾病有關，且心血管疾病也可能引發與血管有關的腎臟或視網膜動脈疾病等。另一方面，孕婦吸入PM2.5則有可能導致早產、胎兒患上過敏、氣喘、注意力不足過動症（ADHD）或出生體重不足，由此可見懸浮微粒對人體傷害的全面性。

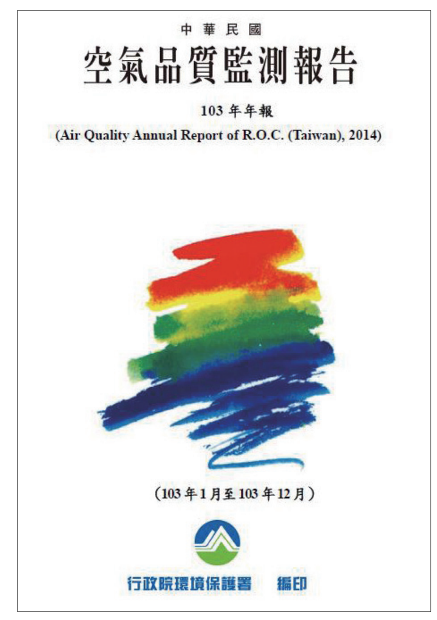
粗略的敘述PM2.5對人體健康的危害後，究竟PM2.5的來源與成因是什麼？PM2.5的來源可分成以下3類：

1.自然源懸浮微粒：如火山灰、土壤揚塵、海鹽、植物花粉、因森林大火所產生的黑煙等，僅占極少數但早已存於環境中，為生態系統運作的重要環節之一。

2.原生性細懸浮微粒：由各種工廠等燃燒不完全所產生，火力發電廠與煉鋼廠燃燒設備排出的微粒與黑/燻煙，水泥廠、陶瓷廠、瀝青拌合場等排放出的水泥灰等等；交通排放源方面則是柴油引擎（包括各種柴油汽車與火車、施工機械與柴油發電機組等）與汽機車排放的廢氣等等。

3.衍生性細懸浮微粒：汽機車、工廠及石化業排放的細懸浮微粒前驅物－硫氧化物（SO_x）、氮氧化物（NO_x）、揮發性有機物（VOCs）以及氨（NH_3）等，受到日光照射等化學程序後所產生的硫酸鹽（SO_4^{-2}）、硝酸鹽（NO_3^{-1}）、氨鹽（NH_4^{+1}），以及有機碳（OC）等微粒。

一般來說，衍生性細懸浮微粒對PM2.5的占比遠大於原生性。以台中市來舉例，根據環保署資料顯示，台中市的PM2.5的國內原生性者占52%，國內衍生性者占16%，另33%為境外傳入；自台中



▲我國去年的空氣品質監測報告

以南各城市，越往南部PM2.5占比越高，顯現出中部以南的PM2.5排放源（台中火力發電廠、雲林六輕烯烴廠等）有往南飄送的現象。而境外傳入的貢獻則主要來自中國地區的空氣汙染，這些是我們無法控制的，因地理位置不同，各縣市的比例亦不相同，較靠近中國大陸的金門、馬祖，境外傳入的比例相對提高許多。

懸浮微粒依其粒徑、來源、成分與性質的不同，例如含有重金屬、戴奧辛、持久性有機汙染物與病菌等，其毒性與毒害程度亦有不同。美國環保署（US EPA）、國際癌症研究所（IARC，隸屬世界衛生組織轄下機構）等多個流行病理研究結果均顯示，「戶外空氣汙染」確實會引發癌症，因此已將空氣汙染列入「人類致癌物第一類」，而空氣汙染中的最主要成分即是PM2.5。國際癌症研究所亦於2012年宣布，各界專家已獲得確切的科學證據，將含有PM2.5的柴油引擎廢氣，從「疑似致

癌物質」改列為「屬充分證據的人類致癌物」；同時國際癌症研究所也提到，空氣汙染及懸浮微粒濃度的升高，將導致肺癌的風險也隨之上升。研究估計全球有22.3萬人死於肺癌，而我國各縣市30年來的肺癌粗發生率，亦從10萬分之9暴漲到10萬分之24，我國女性抽菸的比率不高，但罹患肺癌的機率卻不低，醫界推測空氣汙染極可能是原因之一。

根據行政院環保署最新公布的「中華民國空氣品質監測報告103年年報」顯示，我國2014年的懸浮微粒PM10年均值為52.9 μ g/m3，雖較2013年年平均濃度53.07 μ g/m3微幅下降，但依據世界衛生組織（WHO）最新發布的「環境空氣汙染數據資料庫（Ambient Air Pollution Database）」中總共87個國家的懸浮微粒數據（美國與澳洲不列入），我國52.9 μ g/m3排名介於56與57中間，實屬後段班；與OECD公布的OECD共36個國家的數值相比，年平均濃度仍比墊底的智利46.2 μ g/m3還要高出許多。[1]雖然去年的年均值52.9 μ g/m3低於我國訂定標準65 μ g/m3，但歐盟的標準僅40 μ g/m3，連中國大陸的第一級標準[2]也只有40 μ g/m3（第二級70 μ g/m3），南韓與香港50 μ g/m3，美國、日本、澳洲與加拿大則未對懸浮微粒PM10訂定年均值標準，只設定24小時平均濃度限值，但上述國家均對影響更甚的細懸浮微粒PM2.5設定嚴格標準。

我國目前仍使用舊式的空氣指標PSI指數（Pollutant Standards Index），但因PSI指數僅採納PM10、臭氧、氮氧化物、硫氧化物以及一氧化碳等5種汙染物來計算空氣汙染指數，並沒有把PM2.5列入指數的計算，時常就會有「在PM2.5

各國 PM10 年均值

排名	國家	年均 PM10（單位：μ g/m3）
2	加拿大	11
7	紐西蘭	16
14	英國	21
15	日本	21
24	法國	25
25	荷蘭	25
30	新加坡	27
32	馬來西亞	29
45	泰國	39
48	巴西	41
54	菲律賓	50
55	韓國 & 玻利維亞	51
	台灣	52.9
57	塞爾維亞	53
67	越南	65
70	墨西哥	79
72	沙烏地阿拉伯	87
73	中國	90
76	伊朗	127
78	印度	134
79	埃及	136
80	蒙古	140
81	阿拉伯聯合大公國	161
86	阿富汗	268
87	巴基斯坦	282

數據來源：WHO 環境空氣汙染數據資料庫（Ambient Air Pollution Database）
註：因美國與澳洲之轉換係數與其他國家不同，故不列入計算。

各國最新懸浮微粒標準（單位：$\mu g/m^3$）		WHO*				歐盟	美國	加拿大	澳洲	日本	韓國	中國[2]		香港	泰國	印度	我國
		IT-1	IT-2	IT-3	AQG		(EPA)	(CCME)				一級	二級				
PM10	年平均值	70	50	30	20	40	-	-	-	-	50	40	70	50	50	60	65
	24 小時平均值	150	100	75	50	50	150	-	50	100	100	50	150	100	120	100	125
PM2.5	年平均值	35	25	15	10	25	12	10	8	15	無自訂標準但常使用美國及WHO標準	15	35	35	25	40	15
	24 小時平均值	75	50	37.5	25	-	35	28	25	35		35	75	75	50	60	35

數據來源：各國環保署及相關網站、WHO、EU。

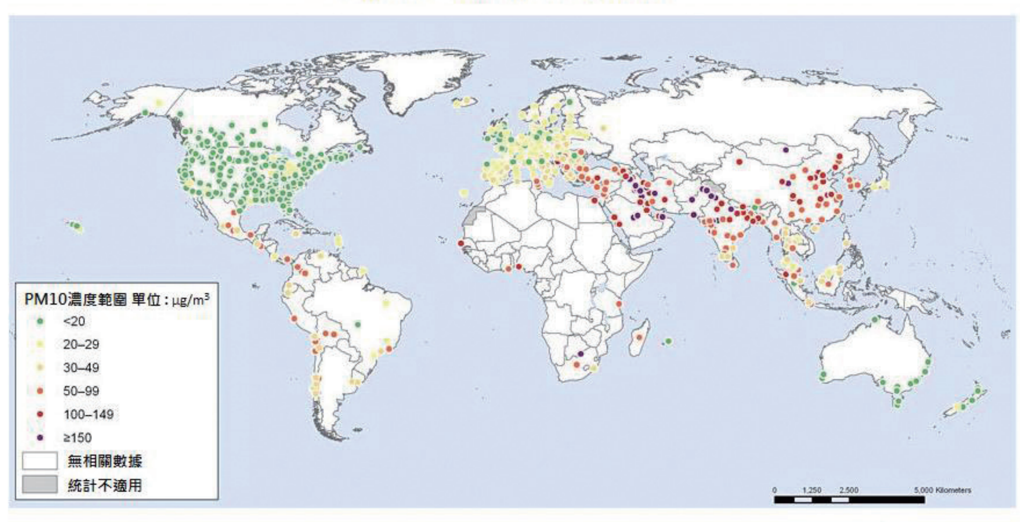
*WHO 將標準分成四類，分別為第一段過渡期目標 (IT-1)、第二段過渡期目標 (IT-2)、第三段過渡期目標 (IT-3)、空氣品質準則 (AQG)。

超標的情況下，PSI還在安全值內」的情形，可謂「有bug」。因此目前國際上大多數國家都已摒棄PSI進而使用AQI指數（Air Quality Index），環保署雖然在2012年跟進美國、日本，使用相同的PM2.5標準，但仍使用PSI來計算空氣品質指數，這也是環保署應該檢討的一大重點。

依照聯合國世界衛生組織（WHO）訂定的標準，PM2.5的24小時（天）平均濃度最高不應超過35 $\mu g/m^3$，年平均濃度不得超過15 $\mu g/m^3$。由第18頁WHO發布的數據資料與懸浮微粒世界分布圖中可發現，全球懸浮微粒最高的地區位於非洲北部、中東、南亞及中國，尤其是中國的華北、華東及華中地區，其PM2.5濃度甚至超過非洲的撒哈拉沙漠。

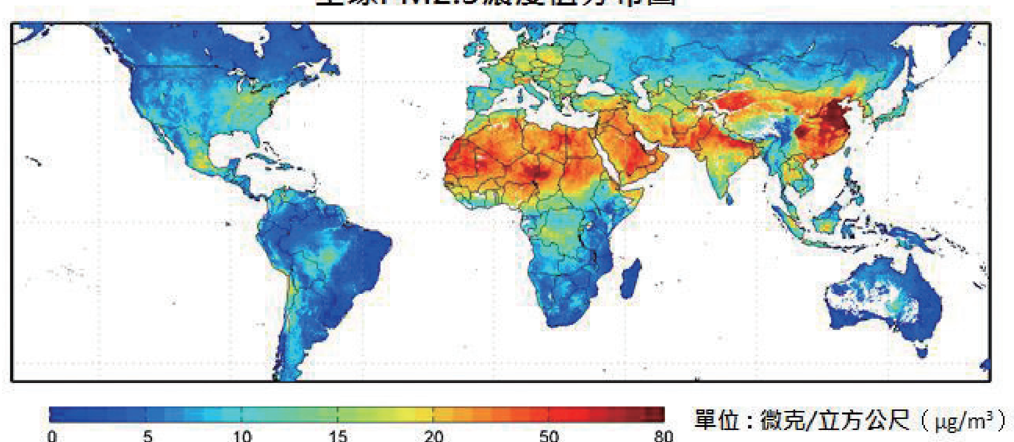
美國麻省理工學院、耶路撒冷希伯來大學、中國北京與清華共4所大學的研究人員於2013年聯名在《美國國家科學院學刊（Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America）》發表一篇論文，敘述中國北方人民因為空氣污染帶來的傷害，平均壽命比南方居民減少5.5年；同時他們發現，每立方公尺空氣中所含有的懸浮微粒若增加100微克，平均預期壽命將會減少3年。此篇論文發表幾天過後，美國北卡羅來大學環境工程系的助理教授韋斯特（Jason West）也在國際知名學術刊物《環境研究快報（Environmental Research Letters）》中發表一份〈因人為空氣汙染與過去發生的氣候變遷所造成的提早死亡〉研究報告，提出全球每年有超過200萬人因為空氣污染而死亡，空氣中細小微粒對肺部產生的破壞並導致癌

全球PM10濃度值分布圖





全球PM2.5濃度值分布圖



資料來源：NASA

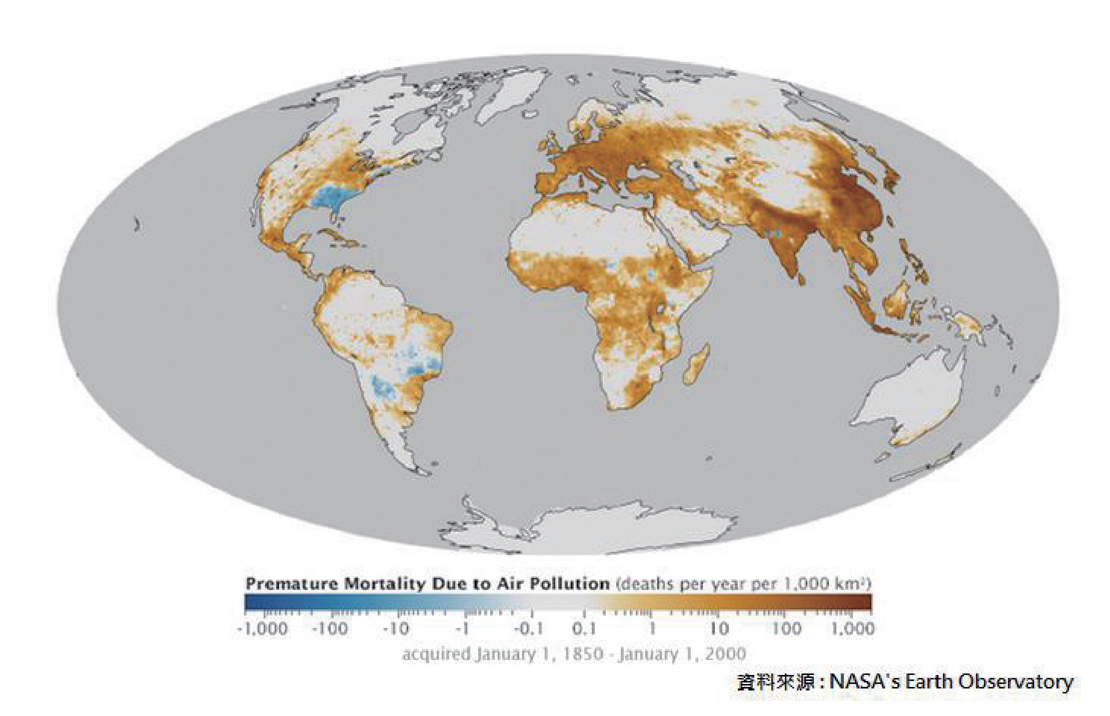


症，即是造成死亡的主要原因之一。

韋斯特教授表示，中國、印度、伊朗、巴基斯坦等亞洲開發中國家，因為持續的城市化導致空氣中的懸浮微粒大幅增加，在這些人口稠密但空氣汙染又嚴重的橘紅色、甚至深紅色地區，因空氣汙染造成的死亡人數估計每年每平方公里超過1,000人。東亞的死亡人數將占全球總數的一半，而懸浮微粒致命的元凶則是各地的燃煤發電、工廠與交通所排放的廢氣。雖然有些國家有可能是因地理環境導致的沙塵暴而非排放汙染，但中國與印度等國家仍應改變環境政策，減少電力生產過程中排放出的污染氣體，並以開發潔淨能源為目標，以降低空氣污染的問題。

下圖為美國國家航空航天局地球觀測站（NASA's Earth Observatory）公布的1850至2000年間「全球各地區空氣汙染致死人數分布圖」，可以清楚的看到19至20世紀之間全球死於空氣汙染的人數分布，顏色越深代表該地區平均每平方公里每年因空氣污染而死亡的人數越高。當時的歐洲因18世紀的工業革命，煤、鐵、鋼與蒸汽機的使用蓬勃發展，導致歐洲身處棕色區域；中國與印度也因發展經濟，柴油發電機、汽車與建築工程隨著需求上升而迅速增加，空氣汙染持續加重，因此身處深褐色地區，估計每年每平方公里因空氣汙染而死亡的人數高達1,000人。美國東南部等藍色地區的空氣品質則代表早逝人數自1850年以來逐年下降，因空氣品質有顯著的改善，死亡人數亦跟著降低。

更細微的從城市來看，我國「空氣品質監測報告103年年報」中分析了我國共74個空氣品質監測站的數值，PM10年均值超出我國標準65μg/m³的監測站城



▲ 1850-2000 年間全球各地區因空氣汙染致死人數分布圖

2014 年各地空氣品質監測站數值排名		
PM10 年均值（單位：μg/m^3）	數量	測站地點（依照濃度高低排列）
>65	14	鳳山、麥寮、朴子、楠梓、小港、仁武、新營、安南、左營、金門、前金、新港、嘉義、橋頭
65-60	13	復興、前鎮、中壢、台南、潮州、崙背、大寮、善化、三重、竹山、屏東、南投、中山
60-50	15	斗六、大同、大里、二林、大園、平鎮、觀音、西屯、台西、沙鹿、龍潭、彰化、馬祖、線西、美濃
50-40	21	萬里、忠明、頭份、土城、板橋、古亭、豐原、桃園、竹東、苗栗、新竹、淡水、三義、新莊、菜寮、林口、湖口、宜蘭、萬華、松山、林園
<40	11	士林、汐止、冬山、馬公、永和、新店、基隆、花蓮、恆春、台東、陽明

2014 年各行政區懸浮微粒年平均濃度統計表				
行政區	PM10		PM2.5	
	監測站數	數值（單位：μg/m^3）	監測站數	數值（單位：μg/m^3）
基隆市	1	30.4	1	18.1
台北市	5	45.3	3	17.6*
新北市	9	43.1	2	21.0*
桃園市	4	51.1	1	22.5
新竹市	1	43.5	1	23.1
新竹縣	2	42.9	1	20.8
苗栗縣	2	43.2	1	23.6
台中市	5	52.1	2	25.4*
彰化縣	2	55.6	1	27.6
南投縣	2	61.8	1	29.8
雲林縣	2	61.4	1	34.1
嘉義市	1	65.1	1	34.7
嘉義縣	2	71.7	1	29.6
台南市	4	67.0	2	30.2*
高雄市	8	64.1	2	29.5*
屏東縣	3	51.8	2	20.7*
宜蘭縣	2	39.3	1	15.2
花蓮縣	1	30.5	1	13.7
台東縣	1	26.9	1	11.3
澎湖縣	1	37.6	1	16.8
連江縣	1	51.5	1	24.2
金門縣	1	68.8	1	32.8

註：1. PM10 年平均值為一年中有效日的算術平均
2. 本表統計資料未扣除受境外汙染傳輸及特殊天氣型態影響的數據
3. * 因環保署僅公布各縣市監測站的 PM2.5 平均數值，並無統計各行政區的 PM2.5 數值，因此本刊以各行政區監測結果之和除以監測站數目，來計算超過一個監測站之行政區的平均數值。

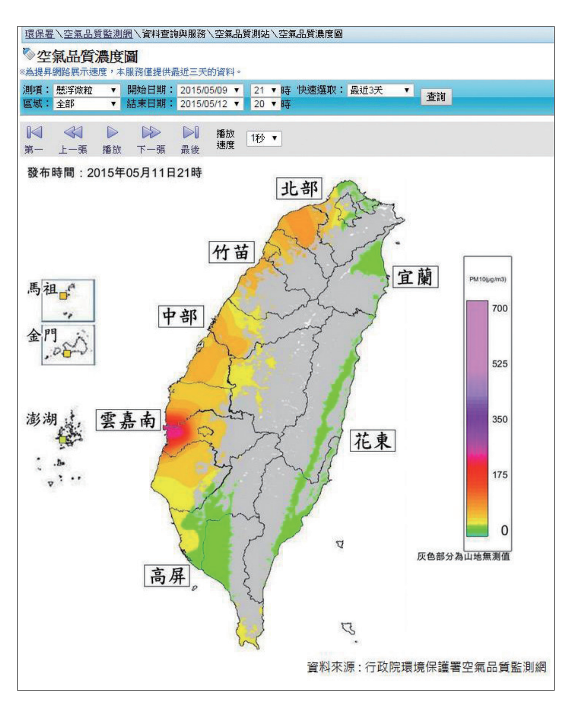
市高達14個，而這14個城市內年均值超過70μg/m^{3}的竟有9個，數值最高的鳳山與麥寮更高達77μg/m^3，年均值介於60-65μg/m^{3}之間的城市則有13個，由此可見中南部均籠罩在懸浮微粒超標的狀態下。

由環保署公布的數據可以發現，我國「沒有」任何一個縣市符合WHO訂定的PM10與PM2.5年平均值標準（PM10：20μg/m^3；PM2.5：10μg/m^3），幾乎所有縣市均超過2倍甚至3倍以上。但依照環保署訂定的標準（PM0：65μg/m^3；PM2.5：15μg/m^3）來看，除了台南市、嘉義市及金門縣的PM10平均值超標之外，其他都低於標準值65μg/m^3；而各縣市的PM2.5年平均值則只有花蓮縣及台東縣在標準值內，最嚴重的雲林、嘉義、金門及台南甚至為標準值的2倍。

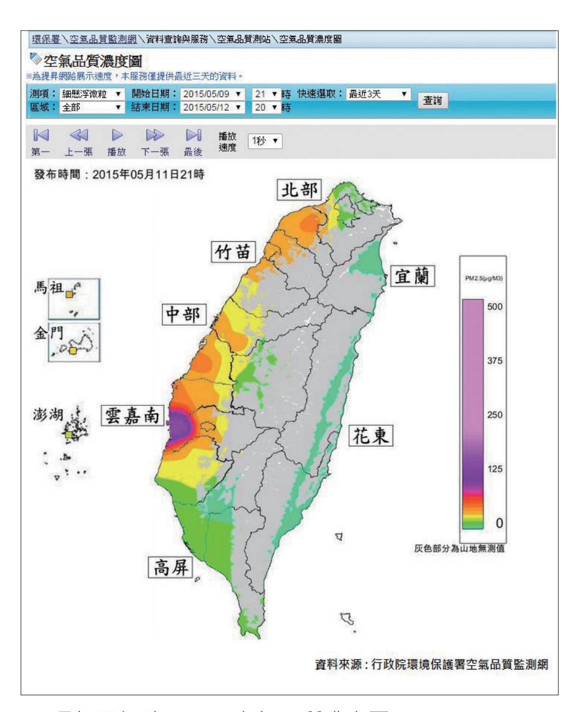
看圖也許比較容易理解，在環保署的空氣監測網上可調閱出我國最近3日內的PH2.5數值濃度圖，本刊隨機選取今年5月9日至12日共3日、測項為懸浮微粒（PM10）以及細懸浮微粒（PM2.5），雲嘉南地區的PM2.5數值在11日晚上9時竟高達顏色為「紫色」、等級最高的「第10級」，就連一般身體健康的民眾都應減少外出，避免吸入過量的懸浮微粒，遑論那些有心血管及呼吸道疾病的老年人與孩童。在這種空氣品質下生活，難怪罹患過敏的孩童越來越多，也難怪自2010年起，我國肺癌開始取代肝癌，攀升為十大癌症死因之首，罹癌人數亦僅落在排名第一的

環保署之細懸浮微粒（PM2.5）指標對照表與活動建議

指標等級	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
分類	低	低	低	中	中	中	高	高	高	非常高
PM2.5 濃度（μg/m^3）	0-11	12-23	24-35	36-41	42-47	48-53	54-58	59-64	65-70	>71
一般民眾活動建議	正常戶外活動			正常戶外活動			任何人如果有不適，如眼痛，咳嗽或喉嚨痛等，應該考慮減少戶外活動。			任何人如果有不適，如眼痛，咳嗽或喉嚨痛等，應減少體力消耗，特別是減少戶外活動。
敏感性族群活動建議	正常戶外活動			有心臟、呼吸道及心血管疾病的成人與孩童感受到癥狀時，應考慮減少體力消耗，特別是減少戶外活動。			1. 有心臟、呼吸道及心血管疾病的成人與孩童，應減少體力消耗，特別是減少戶外活動。 2. 老年人應減少體力消耗。 3. 具有氣喘的人可能需增加使用吸入劑的頻率。			1. 有心臟、呼吸道及心血管疾病的成人與孩童，以及老年人應避免體力消耗，特別是避免戶外活動。 2. 具有氣喘的人可能需增加使用吸入劑的頻率。



▲ 環保署網站 PM10 空氣品質濃度圖



▲ 環保署網站 PM2.5 空氣品質濃度圖

大腸癌之後。

台灣大學職業醫學與工業衛生研究所自2007年10月到2009年11月間，在新莊地區共做了10次鼻腔及肺功能的檢查，結果顯示若第一天的PM2.5濃度較高，受調查者第二天的肺功能就會下降，這個結果已發表在國際專業兒科醫學雜誌《PEDIATRICS》中。另外，PM2.5濃度若增加將導致鼻腔發炎細胞也跟著增加，但鼻腔發炎細胞的增加與肺功能下降的關聯性還未確定，肺部或許有其他因素導致肺功能下降。而台大職業醫學與工業衛生研究所也依據健保資料庫的急診資料，來分析台北盆地的就診人數與懸浮微粒的關係，結果顯示2000年到2008年間，只要PM2.5濃度一提高，氣喘急診人數也隨之上升。

根據第1429期《商業周刊》表示，除了雲嘉南地區之外，曾被《讀者文摘》評鑑為「最適合人類居住地方之一」的南投埔里，也遭受空氣汙染的波及。埔里PM2.5超標的程度甚至比工業區還嚴重，

統計時間：2009	台中火力發電廠	六輕麥寮電廠	巴西 Itaipu 電廠
發電量（度）	39,009,000	29,678,000	91,652,000
發電量（世界排名）	6	18	1
CO_2 排放量（噸）	36,336,000	25,304,000	0
CO_2 排放程度（世界排名）	1	8	-

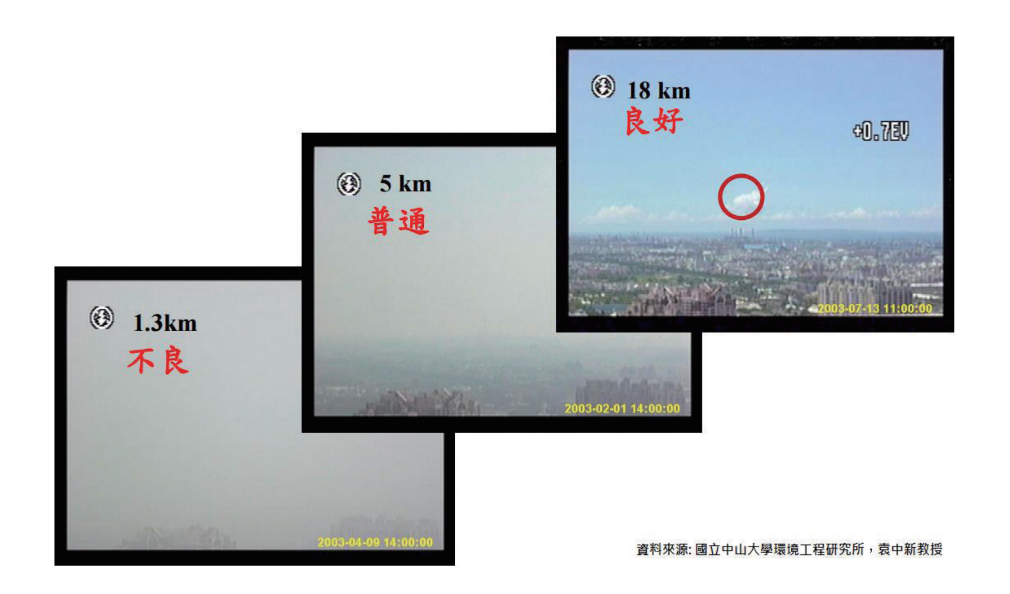
數據來源：carma.org

在埔里溪南國小上課的孩童，下課時能不能出去戶外活動都還要看「空污旗（效仿美國環保署推廣的空污升旗計畫，依旗子顏色來警示當天空氣污染的程度）」的臉色。埔里的PM2.5常處「紫爆」等級的原因，中興大學環境工程系的莊秉潔教授做出以下比喻：「台中火力發電廠及雲林的六輕發電廠排出的廢氣黑煙，就像兩門大砲般經常空襲埔里」。1980年代的埔里幾乎沒有空污問題，但自從台中火力發電廠以及雲林六輕電廠開始運轉後，埔里因地形、氣候等因素，承接了飄散而來的汙染物，這叫身處沒有任何工廠的埔里民眾情何以堪。

從去年各縣市的懸浮微粒年均值可看出，埔里絕對不是一個特例。以WHO「環境空氣污染數據資料庫」中統計約1,600個城市的空氣品質數據，與我國六都之數據相比，大台北與台中的空氣品質不如泰國曼谷，中南部縣市的PM10數值高於中國深圳，鳳山、麥寮的PM10甚至比廈門、廣州都還要高；日本受調查的20個大城市只有埼玉縣的浦和市PM10數值超過25μg/m^3，PM2.5則全部低於WHO標準15μg/m^3；新加坡、印尼雅加達、菲律賓馬尼拉等亞洲大城市的數值甚至比我國六都的桃園、台中、台南、高雄都還要低許多。

除了對人體的傷害之外，PM2.5對環境的影響十分廣泛。這些人為產生的懸浮微粒對可見光的散射和吸收作用可導致空氣中能見度降低；對日光則有遮蔽作用，造成地表的太陽輻射因此減少；對水氣的凝結作用可能改變雲霧的形成及性質，因而影響大氣層的能量平衡，對全球氣候變化亦將造成影響；更嚴重的則會經過各種沉降機制而進入水體，牽動整個水文及生態的變化。

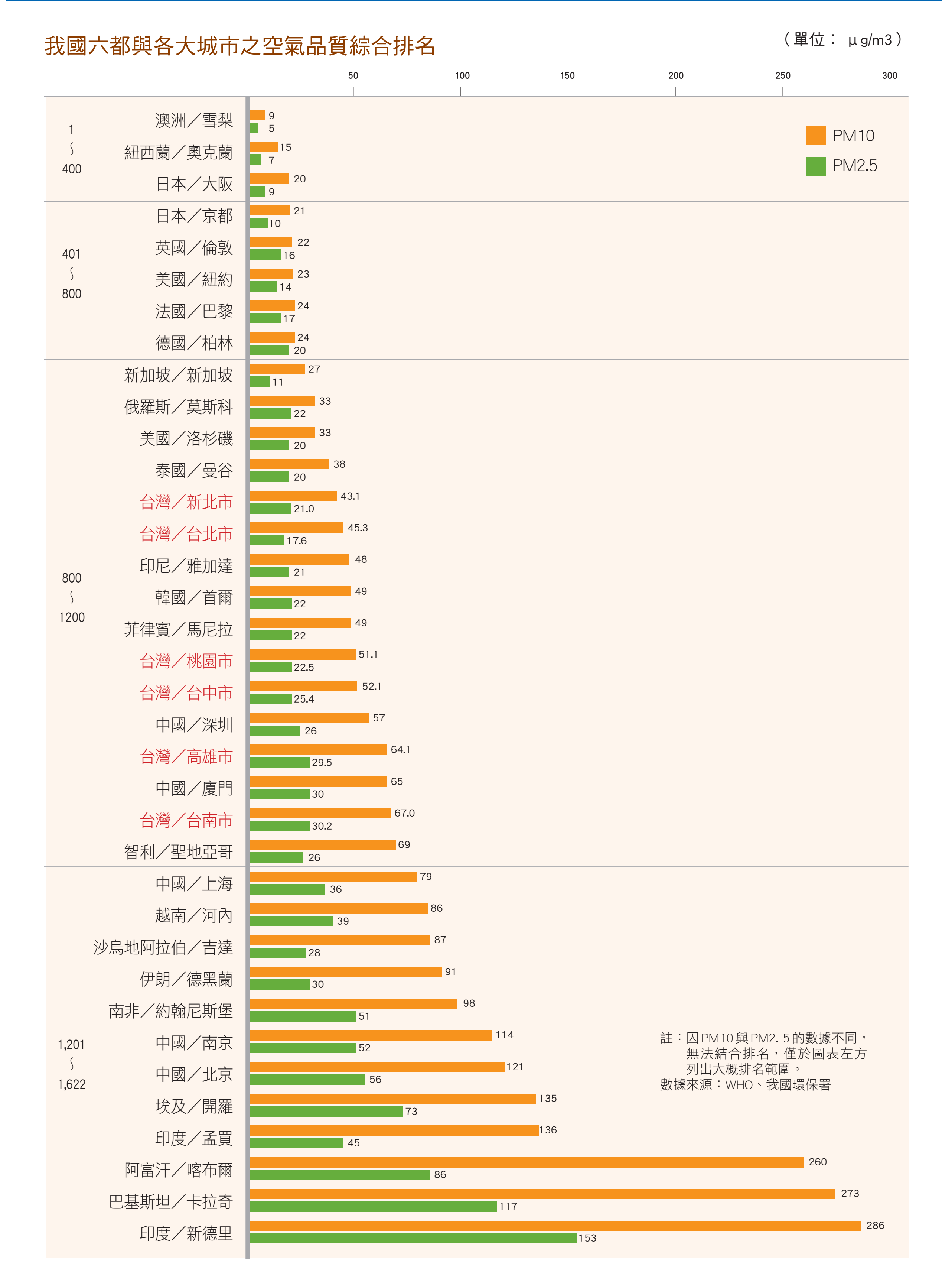
大氣能見度可作為民眾最直接的空氣品質依據，所以空氣品質的好壞除了可由環保署公布的PSI數值來判斷之外，也可從能見度良好與否來做初步的判讀。下



資料來源：國立中山大學環境工程研究所，袁中新教授

我國六都與各大城市之空氣品質綜合排名

（單位：μg/m3）



圖為中山大學環境工程研究所拍攝的大林發電廠觀測照片，可以很清楚的看見空氣汙染對能見度的影響。因為交通工具及各種工廠排放出大量的汙染物，在特殊的天候狀況下可能造成這些汙染物不易散開，不斷的累積及造成空氣汙染，使能見度降低，而能直接影響能見度的主要污染物為懸浮微粒、二氧化硫與二氧化氮，其中又以懸浮微粒的影響程度為最大。

能見度與區域及氣候的關係均非常緊密，夏季由於西南氣流對流旺盛，海風較強，加上午後雷陣雨的沖刷，汙染物較容易擴散，6月至8月為空氣品質最佳時期；秋末及冬季因東北季風的關係，來自中國的空氣汙染會隨著氣流進入台灣，濃度以10月至隔年3月為最高。台灣中部以南又因位處於中央山脈的背風面，風速易減弱，導致汙染物不易擴散，空氣品質較北部差。另一方面，清晨因溫度低、濕度高，加上接近地面時有氣溫上高下低的逆溫現象，為一天中能見度最差的時候；當太陽升起造成溫度上升、溼度降低後，即有利於汙染物的擴散，能見度則逐漸好轉。

結語

僅3.6萬平方公里大小、一向好山好水的台灣，因為人口、車輛及工業密度持續上升使得環境負荷越來越沉重，導致空氣品質惡化到如此地步。政府已於2011年比照美國、日本訂定PM2.5管制標準，但目前看來政府消極的態度讓人直搖頭。2014年全國的PM2.5年平均值為23.5μg/m^3，只比前年進步0.5μg/m^3，以這種改善速度想要達到5年內降至15μg/m^{3}的目標，真是癡人說夢。彰化基督教醫院的葉光芃醫師表示，雖然環保署有在做事，但公布的數據有些卻不正確，行動力也需要再加強。葉醫師同時也指出，國衛院曾做過一研究顯示，若將PM2.5標準降為15μg/m^3，肺癌罹患人數可減少一萬多人；若降至12μg/m^{3}則可減少一萬4,000多人，但這個結果卻沒有落實於政策上實為可惜。

此外，台中擁有全世界最大的燃煤電廠，石化業絕對會影響健康，小小的台灣竟有兩座全世界排名前10髒的發電廠，其中一座還排名第一，政府官員必須要以身作則，必須對台中火力發電廠做出最基本的管制，也要對台灣的產業結構與工業政策做出檢討。

至於一般民眾該如何有效減少空氣污染呢？降低汽機車的使用，多搭乘大眾運輸工具，或使用電動車等無碳排放的交通工具？由此來看經汽機車排出的碳排放的確是減少了沒錯，但用電量卻是上升的。我國目前以火力發電占大宗，火力發電所排出的二氧化碳在所有發電方法中亦「傲視群雄」，因此以目前的狀況來看，減少電力成長是降低空氣汙染的最有效方法。但就國家經濟的角度來看，要同時兼顧經濟發展與電力零成長是一件非常困難的事，尋找替代的潔淨能源即是目前能解決空氣汙染，又可生產穩定電力的唯一解藥。而我國在地理環境的受限下，目前只有核能發電符合低碳排放，又能成為基載電力的能源，但不幸的是，我國正面臨全民反核的窘境，政府應要將空氣污染的風險徹底的公開，並說明核電的持續使用不是僅以經濟發展作為必要因素，乾淨的空氣才是人民健康與福祉最需要的。

想知道即時空氣品質的民眾，可透過

環保署的空氣品質監測網，或GOV臨時政府PM2.5空氣汙染圖（http://env.g0v.tw/air/），來查詢我國各縣市的空氣汙染指數；若需要查詢國外各地區的空氣品質，則可使用國際性民間空氣汙染測量網站Aqicn.org（http://aqicn.org/map/）來查詢，智慧型手機的使用者則可下載各種空氣監測app來注意即時懸浮微粒濃度。但因各個機構的監測時間與地點不盡相同，監測方法也有手動與自動之分，因此測出來的數值亦不會完全相同。❁

註：

[1] 因世界衛生組織（WHO）的「環境空氣汙染數據資料庫（Ambient Air Pollution Database）」的調查國家及城市，與OECD公布的數據中並沒有包括台灣，本刊是以環保署發布「中華民國空氣品質監測報告103年年報」的數值來進行交叉比對進而排名。但因不屬同一機構統一調查，各國家的採計年分及計算方法均有些不同，導致同一地區的測量數值亦會有所差異。

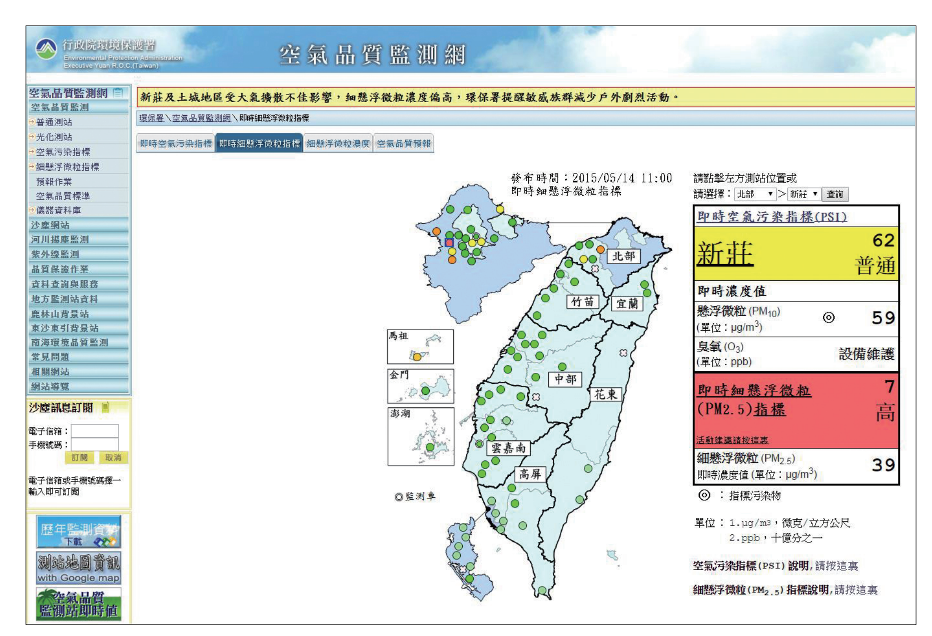
[2] 一級區域指自然保護、風景名勝與其他需要特殊保護的區域；二級則為居住、商業交通居民混和區，以及文化、工業與農村等區域。

資料來源：

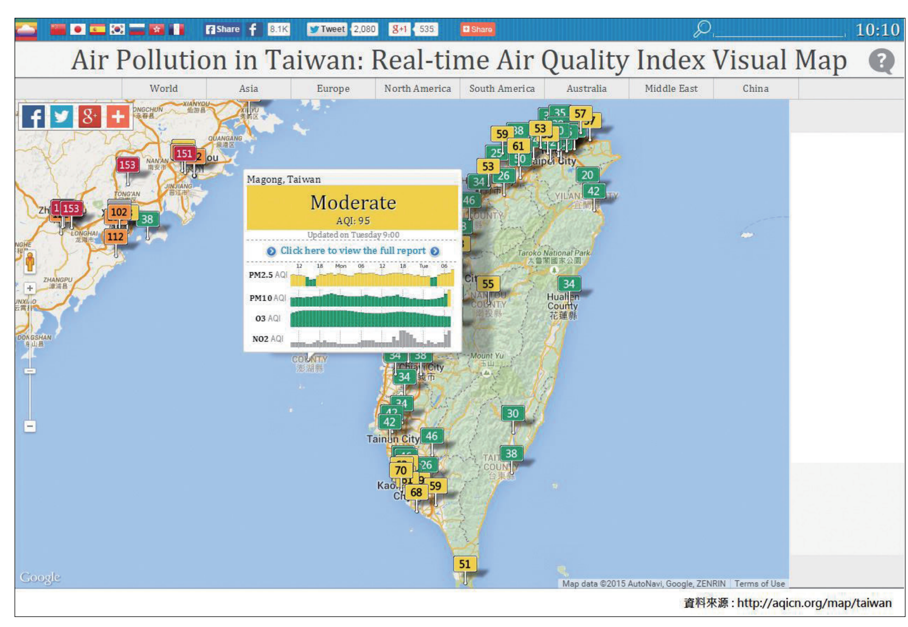
1.行政院環境保護署空氣監測網 http://taqm.epa.gov.tw/taqm/tw/default.aspx

2.行政院環境保護署《中華民國空氣品質監測報告103年年報》下載處：http://taqm.epa.gov.tw/taqm/tw/YearlyDataDownload.aspx

3.世界衛生組織《關於顆粒物臭氧二氧化氮和二氧化硫的空氣質量準則（2005年全球更新版）》http://whqlibdoc.



▲ 環保署空氣品質監測網——即時細懸浮微粒指標



▲ Aqicn 即時空氣質量指數地圖

who.int/hq/2006/WHO_SDE_PHE_OEH_06.02_chi.pdf

4.世界衛生組織《環境空氣汙染數據資料庫》下載處：http://www.who.int/phe/health_topics/outdoorair/databases/cities/en/

5.國家衛生研究院國家環境毒物研究中心《細懸浮微粒對人體間康危害之預防策略研究公聽會會議紀錄》 http://nehrc.nhri.org.tw/toxic/ref/1020329%E5%85%AC%E8%81%BD%E6%9C%83%E6%9C%83%E8%AD%B0%E8%A8%98%E9%8C%84-v2.pdf

6.國立中山大學環境工程研究所《細懸浮微粒之生成及危害》http://61.218.233.198/sspmp/download/%E7%B4%B0%E6%87%B8%E6%B5%AE%E5%BE%AE%E7%B2%92%28PM2.5%29%E4%B9%8B%E7%94%9F%E6%88%90%E5%8F%8A%E5%8D%B1%E5%AE%B3.pdf

7.NASA Visible Earth, “Global View of Fine Aerosol Particles” http://visibleearth.nasa.gov/view.php?id=46823

8.NASA’s Earth Observatory, “The Global Toll of Fine Particulate Matter” http://earthobservatory.nasa.gov/IOTD/view.php?id=82087&eocn=home&eoci=iotd_title

9.中央研究院《中央研究院週報第1276期》 http://newsletter.sinica.edu.tw/file/file/40/4021.pdf

10.Carma – Carbon Monitoring for Action http://carma.org/

11.Aqicn http://aqicn.org/city/taiwan

12.商業週刊1429期《要命的空氣》

乾式貯存大行其道——台灣勿淪為笑柄

文・陳立誠

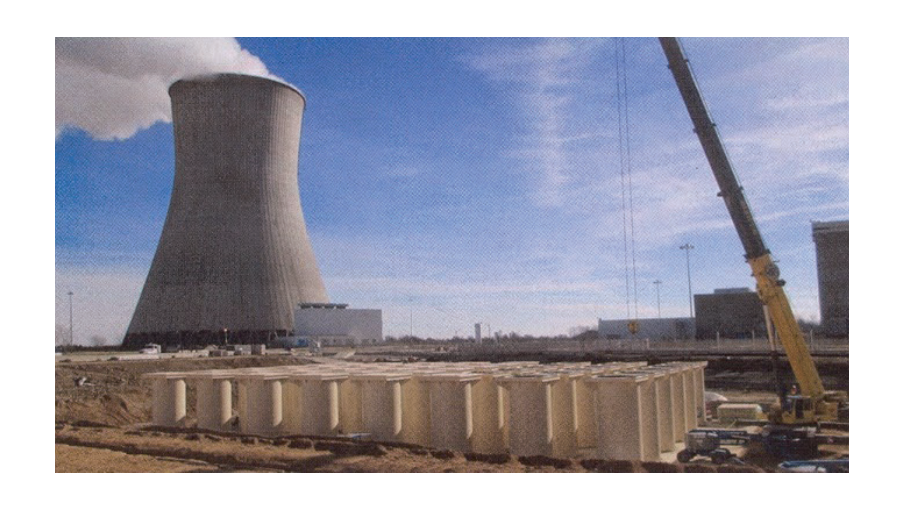
「乾式貯存大行其道」這個標題不是本人下的，這是2月份《電力雜誌（Power Magazine）》一篇文章的標題——〈Dry Cask Storage Booming for Spent Nuclear Fuel〉。

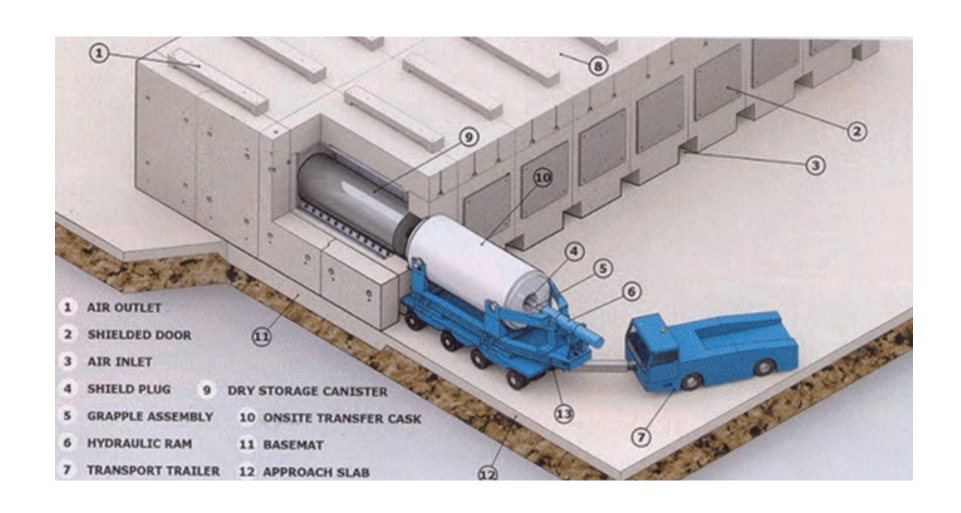
每個行業都有每個行業的專業雜誌，每月出版的《電力雜誌》正是電力從業人員必讀的雜誌。該雜誌是美國出版，大多數文章自然與美國電力有關，但也有許多全球電力的新聞。電力從業人員可由閱讀該雜誌獲取許多電力相關的技術新知。

這篇文章較準確的翻譯應是「用過核燃料（SNF）乾式貯存大行其道」。何謂用過核燃料乾式貯存？用過核燃料為什麼要乾式貯存？

核電廠的反應爐每一年半要更換1/3的核燃料棒，將「用過」燃料棒由反應爐中取出換上「新」燃料棒。剛由反應爐中取出的用過燃料棒輻射很強，衰變熱很高，一般做法就是將其置於電廠內設計極為強固的「用過燃料池」，以水循環方式將其冷卻。

在早年電廠設計時認為用過燃料棒在池中數年輻射降低後即可取出再利用（Re-process）或置於地下。永久貯存地點到處碰壁，燃料池容量又滿了，目前全球已有美、俄、日、加等20個國家，有上百個乾式貯存場正在運轉中，證明極為安全。日本福島電廠也有用過燃料乾式貯存





場，在311大地震大海嘯的衝擊下，電廠發生核災，但乾式貯存設施承受了大自然最嚴苛的考驗，安然無恙。2月份《電力雜誌》指出美國目前已有近2,000個乾式貯存桶，分布於34州近70個貯存場，10年內將倍增，在2050年會超過10,000桶，左圖與上圖為該篇文章的附圖。

乾式貯存極為安全，其通過日本大地震考驗即為明證，全球用過核燃料乾式貯存正是標準做法，但在台灣就是行不通。

台灣核一、核二兩廠1號及2號機用過燃料池將在明、後年分別「滿載」。台電多年前已開始規劃設立乾式貯存場，但十分不幸無法由地方政府（新北市）取得使用執照。台電迫於無奈只好將核一、二廠3年約1,000束的燃料棒招國際標送往外國「再處理」。但是「再處理」後除了鈾、鈽之外的放射性廢棄物，將於20年後送回台灣永久貯存，並沒有解決永久貯存問題。

100億只能解決3年問題，核二廠2號機將於2023年才除役，所以在北部核電廠除役前，還要再花數百億將用過核燃料運往國外「再處理」 。考慮更長遠些，除役後3座電廠6部機燃料池中的用過核燃料難不成也要全部送往國外「再處理」？這天文數字叫人頭皮發麻。

將用過核燃料乾式貯存是全球趨勢，當地政府在反核壓力下，以水土保持為由拒絕發給核一廠乾式貯存場的運轉執照，迫使全國人民得花上百億送往國外「再處理」的作法應立即改正。別讓台灣又淪為全球笑柄，被譏為是沒有科學知識、民粹治國的冤大頭。

（本文作者為吉興工程顧問有限公司董事長）

圖片來源：轉載自《Power Magazine》2月號

美國乾式貯存設施

文・編輯室

乾式貯存的國際經驗

截至2013年12月止，全世界用過核燃料中期貯存設施依其貯存型態，計有濕式貯存設施31座，乾式貯存設施124座，分布於歐洲、美洲、亞洲及非洲共22個國家。用過核燃料乾式貯存早已經是成熟的技術，也是國際間普遍採行的做法。2000年之後，國際上只新增1座濕式貯存設施（位於中國甘肅，商轉時間為2003年），其餘都是乾式貯存設施，超過70座之多。

其中美國的乾式貯存設施現有71座，德國16座，加拿大9座。美國首座乾式貯存設施是位於維吉尼亞州的蘇瑞（Surry）核電廠，運轉至今近30年，已獲美國核能管制委員會（NRC）核准運轉至2046年，合計60年，顯示乾式貯存設施的安全可靠。

美國乾貯技術執世界牛耳

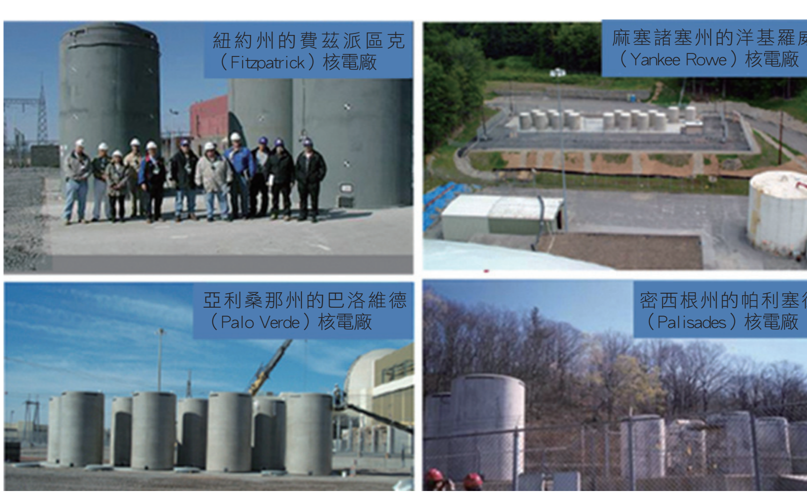
美國是用過核燃料乾式貯存方式使用



▲ 全世界用過核燃料乾式貯存設施分布圖

表 1. 世界各國用過核燃料中期貯存方式（統計至 2013 年 12 月）

國別	乾式貯存	濕式貯存	備註
美國	v	v	有 70 座乾式貯存設施，1 座 Morris 濕式貯存設施。
加拿大	v		全世界最多用過核燃料進行乾式貯存的國家，目前有 9 座乾式貯存設施。
日本	v		目前有 2 座乾式貯存設施分別設於 Fukushima Daiichi（由室內移到室外）與 Tokai II 核電廠。
南韓	v		目前有 1 座乾式貯存設施（位於 Wolsong 核電廠內）。
中國大陸	v	v	目前有 1 座乾式貯存設施（位於秦山第三核電廠內）與 1 座集中式濕式貯存設施。
印度	v	v	目前有 2 座乾式貯存設施，分別位於 Tarapur 及 Rajasthan 核電廠內；另該國再處理廠設置有濕式集中式貯存設施。
英國	v		目前有 1 座乾式貯存設施內含 2 座貯存窖（位於 Wylfa 電廠內）
法國	—	—	法國是採用封閉式燃料循環，所有用過核燃料在廠內暫存後，送至 La Hague 再處理廠進行再處理。
德國	v	v	共有 16 座乾式貯存設施，有 2 座集中式乾式貯存設施（位於 Gorleben 與 Ahaus），2 座非集中式乾式貯存設施（位於 Greisfswald 的 ZLN 與 Julich），及 12 座廠內乾式貯存設施，另有一座廠內乾式貯存設施尚在申請執照中。該國另設有 1 座非集中式濕式貯存設施。
比利時	v	v	1 座乾式貯存位於 Doel 電廠內，1 座濕式貯存設施位於 Tihange 電廠內
西班牙	v		目前有 5 座廠內乾式貯存設施，其中 1 座為集中式乾式貯存設施（位於 Villar de Canas）。
瑞典		v	目前有 1 座全國性集中式濕式中期貯存設施 CLAB，位於 Oskarshamn 區，所有核電廠所產生的用過核燃料在廠內用過核燃料池貯存至少 9 個月後即送至 CLAB 做中期貯存。待全國性用過核燃料最終處置場 Forsmark 開始營運後，再將 CLAB 的用過核燃料運至該場做最終處置。
瑞士	v	v	目前有 3 座乾式貯存設施位於 ZWILAG at Wurenlingen（集中式乾式貯存設施）、Leibstadt、Zwibez at Beznau；另 Gosgen 電廠有 1 座廠內濕式中期貯存設施。
芬蘭		v	目前在 2 座核電廠內共有 3 座濕式中期貯存設施。
俄羅斯	v	v	目前有 1 座集中式乾式貯存設施（位於 Mining and Chemical Complex at Zheleznogorsk），與 6 座濕式貯存設施。
捷克	v		目前有 2 座乾式貯存設施（位於 Dukovany 及 Temelin）。



▲ 美國用過核燃料乾式貯存設施

最多元化的國家，國際間4種乾式貯存方式：混凝土貯存窖、混凝土模組、混凝土護箱及金屬護箱等，在美國核電廠中都有使用。

目前美國運轉中的用過核燃料乾式貯存設施，除了混凝土貯存窖是設置在建築物內，採室內貯存方式外，其餘乾式貯存型式包括金屬護箱、混凝土護箱及混凝土模組，都是採用露天貯存方式。

乾式貯存是由金屬運輸護箱演進而來，因此早期美國核電廠所採用的乾式貯存設備，即為金屬護箱，如美國蘇瑞核電廠是第一座使用乾式貯存設施的核電廠，在1986年取得用過核燃料乾式貯存設施執照；目前該電廠已改採混凝土模組的乾式貯存系統。

由於美國已終止雅卡山（Yucca Mt,）用過核燃料最終處置場計畫，導致各核電廠都無法按照原先預計的時程，將用過核燃料送至雅卡山最終處置場進行最終處置，因此大多數核電廠選擇以乾式貯存方式來暫存，等待最終處置場設置完成後，再移到最終處置場進行最終處置。

美國的71座獨立式用過核燃料貯存設施（70座乾式貯存設施與1座濕式貯存設施）分布在全美34州，截至2014年10月7日統計資料，共安裝2,040組乾式貯存系統，並已將83,214束用過核燃料移至這些乾式貯存系統中貯存。

美國核管會核准乾貯設施執照更新

美國核能管制委員會已經核准愛塞龍（Exelon）公司位於馬里蘭州的卡佛特・克力夫（Calvert Cliffs）核電廠乾式貯存設施40年的執照更新。

該乾貯設施最初的20年期運轉執照

在2012年11月30日到期，愛塞龍公司於2010年提出執照延長申請至2052年11月30日。這意味著該設施的運轉執照正在「即時更新」中，只要核管會人員還在進行執照更新的審查作業，原執照就不會因為過了有效期限而被撤銷。在核管會完成安全性審查並作出執照延長申請的審查結論前，卡佛特・克力夫核電廠乾式貯存設施都能以原執照維持現有的運轉作業。

此案是核管會第5個貯存設施運轉執照更新案，核管會對其乾式貯存設施提出幾點意見，包括要求乾貯桶及其組件需進行定期檢查，以管理潛在的老化影響。愛塞龍公司需要採取改善措施，使乾貯鋼桶及組件可以維持其安全功能。

核管會用過核燃料管理部門的主管隆伯德（Mark Lombard）表示：「我們有信心，卡佛特・克力夫核電廠乾式貯存設施可以符合核管會的嚴格標準，並能夠在執照更新後延長40年貯存期間內安全地貯存用過核燃料。」「此外，愛塞龍公司稽查人員及核管會將致力於貯存設施組件老化的管理，使其不會影響乾貯桶保護公眾和環境的能力。」

核一廠乾貯設施 採用美國技術轉移

用過核燃料在用過核燃料池中經過適當的時間冷卻後，即可移入核管會核准的乾式貯存桶內。當核電廠的用過核燃料池處於滿貯或者接近滿貯狀態時，核電廠即採行乾式貯存作業。我國核一廠目前也面臨用過核燃料貯存容量不足問題，台電公司規劃在核一廠內興建乾式貯存設施，採用美國核管會審查認證通過，由美國NAC公司技術轉移，引進國際認可並具有實際運轉經驗的NAC-UMS系統加以改良，並經美國緬因・洋基（Maine Yankee）、帕婁・佛迪（Palo Verde）、麥快爾（McGuire）及卡托巴（Catawba）等核電廠採用的混凝土護箱（以戶外式貯存），其核臨界安全、結構安全、熱傳及輻射屏蔽等均符合我國相關核能安全法規的要求。

從乾貯設施到最終處置場 層層把關

過去40年來，美國境內已成功運送用過核燃料超過3,000次，公路、鐵路及駁船運輸里程達170萬哩；而美國境外則有數萬次成功的運輸紀錄，因此用過核燃料的運輸經驗及技術已非常成熟且安全無虞。

至於我國用過核燃料從乾式貯存設施運往最終處置場的運送作業，將符合「放射性物料管理法」、「放射性物質安全運送規則」及「核燃料運作安全管理規則」等法令規定，並經過資訊分析、運送路線規劃並研提運送計畫經主管機關核可後據以執行，初步規劃如下：

1.裝載容器及運送設備：

為確保用過核燃料在陸運及海運過程安全順利，必須選擇適合的裝載容器及運送設備，並因特殊需要而應有配合的設備，如運輸用護箱、運輸車輛、運輸船舶及吊車以及吊具等，相關載具均須獲得相關主管機關核准的使用執照。

2.陸運路線及海運：

須先對各相關路線進行評估，並避免白天人車頻繁時段，以利於掌握狀況及增加運送的安全性。而運送小組的成員，由具備核燃料專業人員擔任。運輸車隊的駕駛必須是技術優良的專業駕駛，並經過事前的輻射防護訓練。車隊並有經驗豐富的車長指揮，以應付各種緊急突發狀況的發生。海運船舶相關載具則需針對用過核燃料尺寸的運送而特別製作。

3.道路承載：

為確保運送作業安全無虞，針對運送路徑須事先進行研析與探勘，包括：

（1）相關資料蒐集及現地調查：地形測量、過路涵管與箱涵、橋樑等調查。

（2）現地探測與試驗：包括透地雷達探測、折射震波探測等相關探測作業。

（3）綜合安全性評估：包括道路線型、鋪面載重能力，路下箱涵、路邊溝、擋土牆等相關構造物分析、邊坡穩定分析及橋樑檢核等。依據運送路徑檢測及評估結果，配合基地條件規劃適合的重車型式及運送路徑，並就重車特性，綜合考慮工期、道路改善的施工可行性後，研擬初步的改善工法。

4.碼頭／港口的調查評估：

用過核燃料運出廠外前，須先進行專用碼頭新建或港口與碼頭擴建的調查與評估並完成施工。

5.乾式貯存和最終處置場的銜接：

用過核燃料從乾式貯存設施運至最終處置場時，可將盛裝用過核燃料的密封鋼筒自混凝土護箱中取出，裝入運輸用金屬護箱中，然後運至最終處置場進行處置。用過核燃料抵達最終處置場後，將先送至接收處理場進行安全檢測，並登錄編號，然後送至包封工廠，將用過核燃料從密封鋼桶轉換至處置罐內並封裝，最後再經由豎井將處置罐從地表傳送至地下處置隧道，進行處置。

由這些成熟的經驗與案例顯示，乾式貯存與運輸的技術都已十分安全穩定，可以解決民眾對用過核燃料處理的疑慮。

資料來源：

1.http://wapp4.taipower.com.tw/nsis/6/6_5query.php?firstid=6&secondid=5&thirdid=170

2.https://infcis.iaea.org/NFCIS/Facilities

3.http://www.taipower.com.tw/content/new_info/new_info-e34.aspx?LinkID=17#

龍門核電廠建廠管制報導

文・編輯室

龍門核電廠封存進度

主要項目	預定完成日期		次要項目	里程碑			至2月底	至3月底	達成率
				子項預定完成日期	總量／目標		目標值／實際值	目標值／實際值	
封存準備前置作業	1號機	103.12	編寫與修訂程序書及工作指引	103.12	17	份	17	17	100%
						系統數	17	17	
	2號機	103.12	建立設備封存清單	103.12	115	系統數	115	115	100%
						系統數	115	115	
完成設備封存準備	1號機（龍門電廠）	104.06	乾式封存	104.06	30	系統數	4	10	33.30%
							6	10	
			濕式封存	104.02	2	系統數	2	2	50%
							1	1	
			設備拆除	104.04	3	設備數	1	2	100%
							2	3	
	2號機	104.06	乾式封存	104.06	115	系統數	26	27	23.40%
							26	27	
			設備拆除	104.06	90	設備數	18	87	96.70%
							18	87	

104年3月龍門核電廠完成封存準備系統及設備拆除另行存放設備

一、1號機：

（一）乾式封存：

1.爐心隔離冷卻系統（E51）已於104年03月31日完成封存準備作業。

2.環境監測系統（T64）已於104年03月31日完成封存準備作業。

3.輔助鍋爐系統（P61）已於104年03月31日完成封存準備作業。

4.輔助蒸汽系統（P62）已於104年03月31日完成封存準備作業。

（二）設備拆除作業：

1.主蒸汽安全釋壓閥（MSSRV）已於104年03月27日完成設備拆除另存。

二、2號機：

（一）乾式封存：

1.廠用空氣系統（P51）已於104年03月24日完成封存準備作業。

（二）設備拆除作業：

1.耙汙機2台已於104年03月12日完成設備拆除至倉庫儲存。

2.原陳報排定3、4、5月預估各需拆除100只高壓電盤保護電驛（預估總數量為300只）；經重新評估後實際須拆除總數量為67只，已於104年03月12日全數拆除。

104年4月重要管制措施

4月8日原能會函覆台電公司對注意改進事項編號AN-LM-102-012-2第6次答覆的審查意見。由於「二號機設備移用到一號機使用管制作業程序書」仍有：（1）結案狀況的註記仍無法反應不符合狀況是否已完成改善作業；（2）欠缺設備移用執行拆解作業前，應先制定拆解作業與品質管控相關作業程序要求等缺失，因此要求台電公司再檢討補正。龍門電廠進入封存／停工狀態後，現場應無施工作業，而「暫時移用」屬施工性質，故於2號機封存期間，應不能進行「暫時移用」以符合封存計畫，因此一併要求台電公司改正。

4月10日原能會函覆台電公司對注意改進事項編號AN-LM-102-021第5次答覆的審查意見。由於台電公司對於龍門電廠1號機HPCF系統試運轉測試尚有未依照原能會品保準則及ASME NQA-1規定執行的疑慮，故要求台電公司再檢討改善及澄清。

4月10日原能會函送台電公司視察備忘錄編號LM-會核-104-02-0，建議台電公司於內部網頁上規劃封存專區，提供封存品保方案的程序書清單，補充龍門施工處封存期間勞務人員教育訓練的機制、設備維護有效性驗證（監測）計畫的改正行動機制、掛卡管控機制、廠房（區）巡視機制。

4月13日原能會函覆台電公司對注意改進事項編號AN-LM-100-037-1-2第5次答覆的審查意見。本案是有關龍門電廠1/2號機有關ASME B&PV Code SEC.III DIV.1設備安裝作業TPC ANI選點及見證作業完整性再確認。由於清查結果，顯示仍有TPC ANI選點見證作業未完成的情形，故要求台電公司於清查改善作業完成後，再檢附相關結果紀錄向原能會提出結案申請。

4月16日原能會函覆台電公司有關C&D Technologies Inc.「核能級安全相關蓄電池的隔板偏移」問題答覆說明的審查意見。由於龍門電廠1、2號機組將採取的檢查方法及準則措施，與C&D公司2014年11月24日信函所述的檢查方法及準則不盡相符，要求台電公司再一併澄清檢討。

核災應變不可不知—生活環境中的輻射

文・編輯室

輻射劑量比較圖

輻射除了一般生活上的各類應用之外，在我們的生活環境中，也存在著天然背景輻射，包括：（一）來自外太空的宇宙射線、（二）來自地表的土壤和岩石所含的天然放性射核種鈾、釷、鉀等核種所產生的地表輻射、（三）因鈾系及釷系元素在衰變過程中產生的天然放射性氣體－氡氣、（四）人體體內因自然存在或呼吸飲食攝入人體的放射性核種輻射。台灣地區每人每年接受的天然背景輻射劑量約為1.62毫西弗。

天然輻射與高度的關係

玉山國家公園區域範圍位居台灣中央地帶，地跨花蓮、高雄、南投、嘉義4縣4



鄉10村，是台灣面積最大的國家公園。

嘉義觸口到水里這段公路分為阿里山公路及新中橫公路，塔塔加遊客中心海拔2,631公尺是這段公路的最高點。台灣地區在海平面的劑量率約為0.04-0.08微西弗／時，嘉義觸口的海拔238公尺，測得劑量率為0.097微西弗／時，沿著阿里山公路前進，到阿里山森林遊樂區高度2,182公尺的劑量率為0.114微西弗／時，東埔山莊海拔2,574公尺的劑量達0.136微西弗／時，再往上到塔塔加遊客中心高度為2,631公尺，劑量率為0.136微西弗／時。這度量結果顯示天然背景輻射隨著高度增加的趨勢，主要就是宇宙射線因空氣的阻擋較少而增加所致。

以上天然背景輻射的變化，均在可接受的安全範圍內，民眾可以放心。

天然輻射與地質的關係

陽明山國家公園是以大屯火山群為主體，有獨特的火山地質地形景觀。本區噴氣孔與溫泉主要分布於北投至金山間的「金山斷層」周邊，區內的大油坑、小油坑、馬槽、大磺嘴等地，都可見到強烈的噴氣孔活動，而分布於園區內的多處溫泉區，更早已遠近馳名。

有些溫泉含有少量的放射性元素鐳及氡氣，所以有可能造成溫泉露頭處的輻射劑量較一般地區為高，在北投地熱谷溪谷中的石頭上累積的硫磺有稍高的背景輻射即為此因。



華盛頓郵報：這個世界不能閃躲核能

文・Stephen Stromberg（華盛頓郵報編輯）　譯・雷景名

運用我們現有的所有科技來對付氣候變遷已經夠難了，誓言不用核能又要打擊氣候變遷根本可笑。這個教訓來自台灣，一個人口密集，自然資源稀少，但對核電廠愈加嫌惡的島國。

台灣「真的不能對能源這麼挑剔」，馬英九總統在這週的訪談中這麼告訴我，但台灣人表現的就好像他們可以一樣。台灣面臨很多限制，有些是自然因素，但有些則是自找的。前環保署長簡又新解釋：大部分的人都了解溫室氣體會暖化地球，但他們恐懼核能，拒絕住在陸上風機附近，堅持離岸風機平台不能侵擾海洋生物棲地，並且缺乏廣大開闊的土地供太陽能發電使用。同時占該島電力最大份額的來源是燃燒骯髒的煤。在一個關鍵的面向上，台灣人的態度像日本人和德國人一樣，他們先進的經濟體仰賴豐沛的能源，但他們退避現實的選擇，則帶來無益的後果。

台灣的能源供給有98%靠進口，其中主要是化石燃料，維持閃耀的街景燈光，並讓很多工廠正常運作。台灣燃燒大量的煤與天然氣，雖然天然氣比煤乾淨，但依舊會產生二氧化碳。仰賴化石燃料也讓這個小島門



戶洞開，當遇到大型颱風時，由島外運輸進來的能源供給量很可能低得危險，馬總統說。

台灣這個小島比馬里蘭州和德拉瓦州加起來還小一點，水力發電生產的電力微薄，太陽能不僅需要很多土地，而且雨季時也幫不上什麼忙。依據工研院王人謙的說法，台灣有300架到400架的陸上風機，不過因選址限制，想增加更多風機並不容易。工研院是政府贊助的研究機構。該機構尋求建置離岸風機，但是這項技術

有生態上的疑慮而且昂貴，新技術最後可能可以減低這些限制，但目前即使政府在2030年以前達成建置目標，工研院估計，再生能源也只會占該島電力的12%。

這麼一來就只剩下核能了。現有的3座核電廠提供台灣18%的電力，不需要大規模的燃料進口，而且幾乎不會製造二氧化碳。毫不意外的，政府決定台灣需要更多核電廠，第4座核電廠已經開始施工，將會容納2座反應爐，並提供該島大約9%的電力。但去年政府卻停止工程，以應付大型街頭抗議，那時1號機已經接近完工。在目前巨額資金已經投入，反應爐卻只能閒置的情況下，只能等待該島恢復理智才可插入燃料棒。

馬總統堅稱政府沒有放棄這項工程，如果未來狀況需要，電廠仍可以在短時間內啟動。要想像未來不需要這座電廠的狀況還挺困難的，不過同一時間他又宣布政府的目標是完全廢核。馬總統講的話或許不怎麼重要，反核的反對黨準備好在明年的總統大選得到亮眼成績，而且不論誰執政都會受公眾情緒的左右。

2011年福島第一核電廠的事故為台灣人帶來強烈的心理衝擊。據前環保署長簡又新的說法，台灣人非常尊崇日本人，台灣人會想：如果連日本工程師都沒辦法使核電廠安全運轉，那他們台灣的工程師一定也沒辦法。有些美國人對福島事件也有類似的反應，不過美國大眾對核能的支持依然相當的高，而這樣的支持是合理的，福島電廠的營運商東京電力公司則因管理不當而廣受批評。

雖然台灣只是氣候變遷難題拼圖中有點獨特的一小塊，但是台灣的例子還是突顯了兩件事情。

首先，要在這氣候變遷的時代做出能源選擇本就不易，我們不應排除核能等的無碳能源讓自己更難過，特別是在沒有什麼其他好選擇的地方。

不過，第二件事是：台灣突顯出即便是位於選擇很少的地方，也會深受違背現實的恐核情緒控制，迫使領導人放棄既有的反應爐，改用化石燃料替代，至少暫時是如此。

因為氣候變遷是個全球問題，德國與日本這兩個近年反應爐關閉狀況完美的國家，他們與台灣的決定也會影響到我們其他人，他們跟其他人排放的溫室氣體一樣都會融入大氣。這些國家將鼓勵各國對核能貼標籤，是一大危險。

值此之際，堅定意志、不可自我放縱，實屬必要。政府應謹慎適當的管理核電設施才是全球常態，閃躲核電廠並不是一個好選擇。

資料來源：

Stephen Stromberg, "The world can't shun nuclear power. "The Washington Post, 1 May 2015. http://www.washingtonpost.com/opinions/powering-taiwans-future/2015/05/01/589f04ae-ef7f-11e4-a55f-38924fca94f9_story.html

日本法院為川內核電廠重啟清除路障

文・編輯室

日本九州鹿兒島地方法院4月22日做出「駁回要求九州電力公司川內核電廠1、2號機停機申訴」的假處分裁決，也就是同意川內核電廠可以重新啟動，將成為2011年福島核災之後第一部重新啟動的核能機組。

由12位來自鹿兒島地區、2位來自鄰近地區民眾所組成的團體於2014年5月提送請願書，表示日本原子力規制委員會（NRA）對於核電廠防範地震與火山的新安全基準過於寬鬆。

然而，鹿兒島地方法院審判長前田（Ikumasa Maeda）4月22日的裁定對九州電力公司有利，他說，根據最新的科學知識，新的安全基準是足夠的，而且川內核電廠並沒有具體明顯的風險。此結果與福井地方法院4月14日所做出的，關西電力公司高濱核電廠3、4號機不准重啟的假處分形成明顯的對比。

九州電力公司在一份聲明中表示，法院的裁決「支持川內核電廠的安全性已獲得保證」。2014年9月，原子力規制委員會完成川內核電廠1、2號機安全檢查後，九州電力公司已經獲得薩摩-川內市政府批准重新啟動。



川內核電廠1號機在日本重啟核電機組的過程中居於領頭羊的地位，九州電力公司為機組所做的建設規劃，上個月剛獲得原子力規制委員會的批准。這表示這座84.6萬瓩的機組在技術上已經改進完成，而這些工程變更已經通過管制單位驗證，準備好重新啟動了。這也意味著，九州電力公司的管理、人員培訓和操作方法均符合原子力規制委員會的需求。

川內核電廠2號機以及關西電力公司的高濱3、4號機還處於較早期階段，正在進行升級，等待原子力規制委員會的確認。

另有15部機組被列入第一批優先核准的名單，正在進行重新啟動的程序，這些地區的市政府也相當支持重新啟動，公開展示電力公司的競爭力以及原子力規制委員會嚴謹的審查過程，是建立公眾的信心，成為日本核電安全文化的一個重要因素。

資料來源：

2015/04/22, WNN News, http://www.world-nuclear-news.org/RS-Court-ruling-clears-way-for-Sendai-restarts-2204155.html

核能新聞

文・編輯室

國外新聞

中國 - 阿根廷商討核能合作

根據中國核電業內人士透露，一項130億美金的合作案，阿根廷同意中國為其興建兩座反應爐，完全取決於中國方面的財務表現，對現金交易的最終安排將在2017年簽署。

布宜諾斯艾利斯相關人士告訴《世界核能新聞（WNN）》，該交易將是一個廣泛的計畫，在未來10年內提高核電發電能力300萬瓩，以滿足不斷增加的電力需求。

阿根廷國家核電營運公司（Nucleoelectrica Argentina SA, NASA）希望在2016年開始著手80萬瓩壓水式重水反應爐的建設工作，第二個110萬瓩壓水式反應爐的計畫還在初步階段，建設計畫將於2017年開始。

此外，埃及是中國出口核電設備的下一個工作重點。中國的兩個主要石油供應商-沙烏地阿拉伯和蘇丹-還分別在中國國務院反應爐銷售的優先名單上。中國已與16個國家進行核能合作，但認為在中東、南非和土耳其具有特殊的潛力；歐洲國家的名單上則包括捷克和波蘭。

2015.05.08, WNN News

中國大陸開始首座華隆 1 號興建工程

根據新華社報導，5月7日，中國首座自主發展的第3代反應爐「華隆1號」在福建省福清核電廠內動工，澆灌第一批混凝土。

中核集團（CNNC）表示，中國擁有華龍1號反應爐設計與建造「完整的智慧財產權」，這將有助中國核電設備外銷「走出去」。

華隆1號是110萬瓩、三迴路壓水式反應爐，採用中核集團的ACP1000和中廣核集團（China General Nuclear）的ACPR1000+反應爐的設計元素。

2014年11月，中國國家能源局核准在福清核電廠使用華龍1號技術建立兩座反應爐，中國國務院則於2015年4月核准建造。

2015.05.07, NucNet News _No.97

日本對波蘭首座核電廠興趣濃厚

日本經產省副部長洋介高木（Yosuke Takagi）昨日在與波蘭財政部副部長高力克（Zdzislaw Gawlik）的會議中表示，日立、三菱、東芝等日本企業對參與波蘭第一座核電廠的建設「非常感興趣」。

波蘭計畫從2025年開始擁有核電，成為多元化能源組合的一部分，以降低對煤炭和天然氣進口的嚴重依賴。第一座核電廠將是3個電力公司和一個銅礦公司的合資企業，全部都是國營企業。

根據波蘭財政部發表的聲明，高木表示，他相信日本對於順利實施此計畫將有所貢獻，並保證日本政府已經準備好提供培訓和財務方面的協助，這可能包括日本信貸機

構的參與。

高力克表示，波蘭與日本在能源領域的合作，是發展中的示範性模式。合作項目包括擴建Kozienice硬燃煤電廠。他說，這項計畫「如果沒有日本的合作，將無法進行如此巨大的規模」，這指的是Enea公司與三菱日立電力系統歐洲（Mitsubishi Hitachi Power Systems Europe）的合約。

2015.05.06, WNN News

德國原子能論壇主席呼籲進行最終處置作業

德國原子能論壇主席表示，雖然高放射性廢棄物貯存委員會在工作上有顯著的進步，但最終處置場選址的時程與建設等問題仍需要解決。

主席古納（Ralf Guldner）在柏林的核子技術年會中提到，委員會必須「就如何加快最終處置場選址程序承擔責任，並提供更進一步的建議。」

德國議會最遲要在2031年之前，核准一座最終處置場。而這個由33名成員組成的委員會在2016年之前，必須為尋找場址作業建立科學性規範。

古納主席表示，放射性廢物處置最重要的目標之一，是不能成為後代子孫的負擔。但是這個目標也不能等待150年之久。

古納主席之前曾呼籲將德國北部下薩克森省原康拉德鐵礦，作為全國低、中放射性廢棄物處置場，進而發展成深地質處置場址，進行高放射性廢棄物最終處置。

同樣位於下薩克森省的高爾本鹽丘，也一直在進行最終處置場的潛在場址調查。

2015.05.06, NucNet News _No.96

日本 5 部機組計畫進行除役

日本原子力產業論壇（JAIF）表示，日本有5部機組計畫進行除役，分別是關西電力公司的美濱1、2號機、九州電力公司的玄海1號機、中國電力公司的島根1號機、日本原子力發電公司的敦賀1號機。

JAIF表示，決定5部機組全部永久關閉並除役，是回應2011年3月福島事故發生後，原子力規制委員會（NRA）實施反應爐運轉40年期限的要求。

JAIF表示，這是權衡若要符合安全措施所需投入的時間與財務，「綜合考慮所有的因素」之後才作出除役的決定。

關西電力公司表示，美濱1、2號機每部機組的除役成本大約2.8億美元。

福島事故發生後，日本原有的48部反應爐同時停機進行檢查，以確保它們符合原子力規制委員會推出的新安全基準。扣除這5部將除役的機組，日本被視為有服役潛力的機組將只剩43部。

雖然福島事故發生至今未有任何機組重新啟動，但是今年稍早，日本能源經濟研究所估計2016年3月底前，將有11部機組可重新上線。

2015.05.05, NucNet News _No.95

DTE 能源獲美國核管會批准新建機組

DTE能源公司獲得美國核能管制委員會（NRC）核發建造與運轉執照，可在密西根州紐波特現有的佛密（Fermi）核電廠內興建新的核能機組。一份聲明中說，該公司不能興建新的電廠，但保持開放的選項作為長遠規劃的目標。DTE能源公司採用GE日立經濟

簡化沸水式反應爐（ESBWR），ESBWR是一種先進的設計，已於2014年1月獲得美國核能管制委員會的認證。

2015.05.01, NucNet News in Brief _No.85

中國：內陸核電廠無安全疑慮

中國核能行業協會表示，在選擇首批內陸核電廠的建設廠址時，中國將採用「非常嚴格的甄選標準」，目前沒有證據顯示，內陸核電廠會比那些建在沿海的核電廠不安全。該協會表示，在其內部進行內陸核電廠的可行性評估後顯示，如果認真嚴謹的挑選廠址所在地點，便能克服地震和水資源缺乏的潛在問題，因此安全性將不受影響。

此前中國國務院發出通知，直到2015年為止暫緩內陸核電廠的計畫，並引述了在內陸地區建廠風險更高的說法。福島事故後，中國當局決定在發出內陸核電廠興建執照之前，重新審視嚴重事故情況下可能的預防與緩解措施。

內陸核電廠可能的挑戰是用於冷卻的水資源相對較少，在失去主冷卻水供應的情況下，也更難提供獨立的第二套冷卻水源。

和日本一樣，中國盛行西風或西北風，這表示沿海的核電廠若有任何放射性物質外洩，將向東朝中國東海和南海吹，對這一帶水路、陸路和民眾的潛在污染也有限。

中國國務院發展研究中心研究員王亦楠表示，歐盟和美國有很多核電廠是遠離海岸，「在法國，19座核電廠中有14座都在內陸地區。」但是，「中國是人口密集地區，容易發生乾旱和地震，內陸核電廠是不可取的發展。」

儘管如此，在中國政府的第13個5年計畫中，2016年至2020年期間將開始興建3個新的內陸核電廠。正在審議中的3個計畫，是在湖南省的桃花江核電廠，在湖北省的大畈核電廠，以及江西省的彭澤核電廠。

湖南、湖北、江西這幾個省份不生產煤炭，安全能源供應的來源有限。這3個省級政府都說，他們贊成新建核電廠，並呼籲盡快於2016年開始興建。

2015.04.28, NucNet News _No.90

日本川內1號機排定7月重新啟動

日本原子力產業論壇表示，日本南方鹿兒島地區的川內核電廠擁有2部機組，九州電力公司計畫於今年7月為1號機裝填核燃料重新啟動，8月時正式商轉。

如果川內1號機於今年夏天重新啟動，這將是2011年福島事故後，日本48座機組全數停機檢查、提昇安全等級後，首座重新啟動的核能機組。

本週稍早，鹿兒島地方法院駁回反對川內電廠機組重新啟動的申請，為這兩座機組申請商轉清除路障。

今年3月，日本原子力規制委員會開始進行川內1號機的運轉前檢查（pre-service inspection），以確認是否符合福島事故後頒布的新安全基準。這項檢查是批准機組重新啟動程序中的最後一步。

2014年11月，鹿兒島市政府核准川內1號機重新啟動，成為國內第一批符合新安全基準的機組。

川內這兩部機組都是84.6萬瓩壓水式反應爐，1號機於1984年商轉，2號機則是1985年。

2015.04.24, NucNet News _No.87

國內新聞

原能會同意核三廠 2 號機再啟動申請

4月26日晚間23：58核三廠2號機輔助變壓器故障引起火警，火勢於17分鐘內撲滅。火警當時輔助變壓器電路的相關保護電驛依設計動作，自動引動發電機與汽機跳脫、反應爐急停，安全設備動作正常，未影響反應爐安全，也不涉及輻射外洩，屬於國際核能事件分級制度（INES）的0級事件。

本次事件經台電公司調查，肇因是輔助變壓器13.8kV非隔相匯流排A相水平支持礙子絕緣劣化所致。核三廠已清查修復相關受損組件，針對輔助變壓器本體也完成相關查驗及測試，並水平展開至2號機其他變壓器及相關匯流排的檢測，確認設備恢復至正常可用狀態。

原能會對於非核能安全相關設備（如此次故障的輔助變壓器），但關乎機組平穩運轉者也相當關注。經評估本次事件故障原因已查明，並已完成修復作業及通過相關測試，機組再啟動的安全性應可確保，因此原能會於5月14日同意核三廠2號機再啟動的申請。

2015.05.14，本刊訊

經濟部：成立核廢專責機構與核電廠是否延役無關

經濟部今天針對送請立法院審議中的「行政法人放射性廢棄物管理中心設置條例」草案表示，該法案與核電廠是否延役無關，而是要透過立法成立我國核廢料管理的專責機構，將公民團體、社會人士與學者專家納入核廢料業務的決策核心，並呼籲社會各界及立法院能支持該法案，以共同面對並妥善解決核廢料問題。

經濟部說明，不管國人是否支持核能發電，核廢料的存在已經是既成事實，但核廢料業務由台電推動多年，至今仍沒有具體進展，癥結在於社會各界對於台電處理核廢料一直存有「球員兼裁判」的疑慮。

經濟部也強調，全世界32個核能發電國家中，有24個國家都成立核廢料專責機構，將核廢料視為國家責任並透過公眾參與及公開透明化的運作來贏得民眾信賴，以助於核廢料業務的順利推動。因此，經濟部研擬「行政法人放射性廢棄物管理中心設置條例」草案，擬將核廢料業務由台電移轉至行政法人專責機構執行，以化解民眾的不信任感，進而讓核廢料得以妥善處置。

專責機構的經費絕大多數將來自經濟部主管的核能發電後端基金，專責機構使用後端基金必須提出年度業務計畫與預算經經濟部核定後，年度預算書還要送立法院審議，決算則要受審計監督；至於核廢料業務涉及的輻射安全及環境保護，仍然以原能會及環保署為管制機關。因此政府或國會對於核廢料業務及後端基金的監督強度，並不會因專責機構的成立有所改變。

未來我國核廢料管理的發展目標及業務計畫將由行政法人專責機構的董事會負責釐訂，而董事會的成員除政府機關代表外，將包括學者專家及社會公正人士或民間團體代表。其中社會公正人士或民間團體代表董事不得少於董事總人數的1/3，讓民間高度參與以贏得社會信賴。

另外，專責機構還要接受績效評鑑，包括財務報表、業務資訊與績效評鑑報告，專責機構都要主動公開，以向國人顯示透明化運作情形。

2015.04.30，本刊訊

何博士的日常豆知識

Q：如果人一生中所用的電，
只靠核能或燃煤發電，
兩者污染差異是多少?

核能發電
產出的**高階核廢料**為**1.8kg**
比一個兩公升裝寶特瓶飲料還輕！
註1：換算體積為94cm^3，約為一個養樂多罐的大小。



燃煤發電產出的**CO_2排放量**
為**61萬kg**



約**76.25**頭
大象的重量！
註2：換算體積為310,490m^3，約可裝滿164個標準泳池！

可受控制的核廢料 與 不受控制的全球暖化極端氣候，您選哪一個？

何博士的日常豆知識

Q：台灣位於地震帶上，
如果地震或海嘯一來，
會不會發生核災啊?

有人問
核四建在臨海地震帶上
抵擋的了**地震和海嘯嘛？**

別擔心

1. 增設自動急停裝置，
只要感應到0.1g以上的晃動
就會自動讓反應器安全停機。
註：0.1g相當於震度4到5級。

2. 核電廠反應器廠房
建於地表深挖26公尺處的堅硬高強度岩盤上，
不會有沉陷或土壤液化情形，
也不會有震波放大效應，可確保廠房結構安全。

台灣外海海溝方向與海岸線不平行，
若有地震，也不會引發大規模海嘯。

台灣
海溝(斷層)
海嘯行進方向
海嘯行進方向

核四廠房設計能承受7級強震與14.5公尺高的海嘯，十分安全。